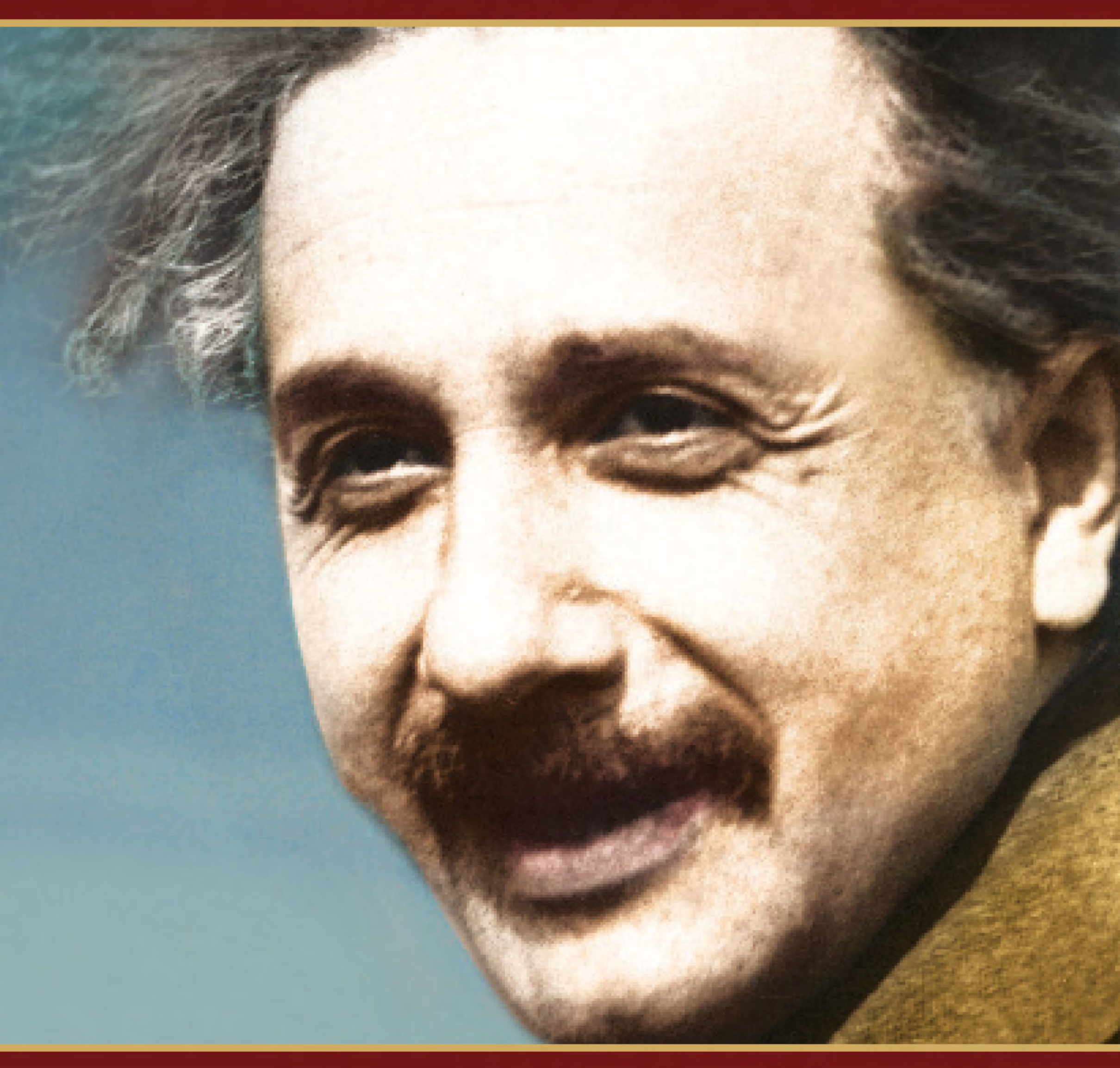
أينشتاين

حياته وعالمه



والتر إيزاكسون

ترجمة: هاشم أحمد

أينشتاين

أينشتاين

حياته وعالمه

تأليف
والتر إيزاكسون

ترجمة
هاشم أحمد محمد

مراجعة
مجدي عبد الواحد عنبة
سامح رفعت مهران





أينشتاين: حياته وعالمه

والتر إيزاكسون

Einstein: His Life and Universe

Walter Isaacson

الطبعة الثالثة ٢٠١١م

رقم إيداع ١٦٧٢/ ٢٠١٠

كلمة

ص.ب. ٢٣٨٠ أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة

هاتف: ٢٦٣١٤٤٦٨ ٢ ٩٧١+ **فاكس:** ٢٦٣١٤٤٦٢ ٢ ٩٧١+

البريد الإلكتروني: info@kalima.ae

الموقع الإلكتروني: http://www.kalima.ae

كلمات عربية للترجمة والنشر

ص.ب. ٥٠، مدينة نصر ١١٧٦٨، القاهرة

جمهورية مصر العربية

تليفون: ٢٢٧٢٧٤٣١ ٢٠٢+ **فاكس:** ٢٢٧٠٦٣٥١ ٢٠٢+

البريد الإلكتروني: kalimat@kalimat.org

الموقع الإلكتروني: http://www.kalimat.org

إيزاكسون، والتر.

أينشتاين: حياته وعالمه/والتر إيزاكسون؛ ترجمة: هاشم أحمد . - القاهرة : كلمات عربية للترجمة والنشر، ٢٠١٠.

٧٤٢ص، ١٦٫٠×٢٣٫٠سم

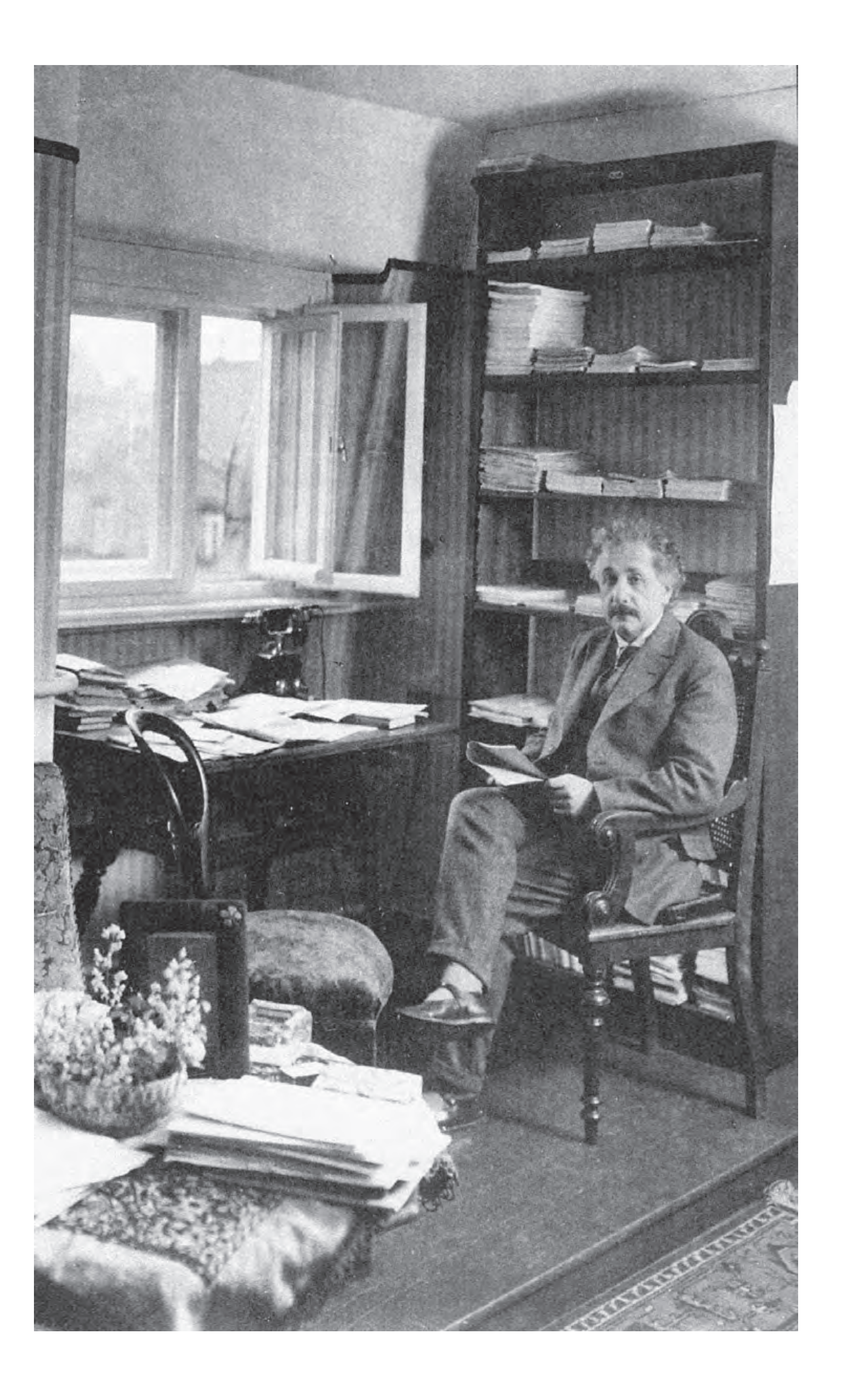
تدمك: ٦ ٤٠ ٦٢٦٣ ٩٧٧ ٩٧٨

١- أينشتاين، ألبرت (١٨٧٩–١٩٥٥)

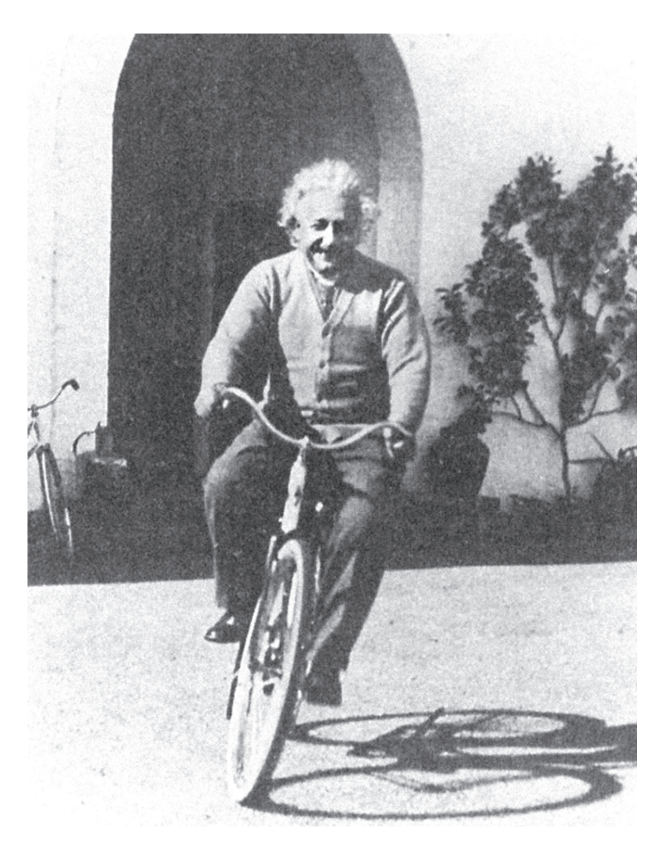
٢- الفيزيائيون الأمريكيون

أ- العنوان

٩٢٥٫٣



إلى أبي أكثر من عرفت ذكاء ولطفًا وخلقًا



فى سانتا باربرا، ١٩٣٣

«الحياة مثل ركوب الدراجة، لكي تحافظ على اتزانك لا بد أن تستمر في الحركة.»

ألبرت أينشتاين، في خطابه لابنه إدوارد
في ٥ فبراير/شباط ١٩٣٠.[1]

المحتويات

شكر وتقدير

قرأت ديانا كورموس بوكوالد Diana Kormos Buchwald — المحرر العام لأبحاث أينشتاين — هذا الكتاب بعناية شديدة، وأضافت تعليقات وتصحيحات كثيرة على العديد من المسودات، وساعدتني بالإضافة إلى ذلك في الوصول مبكرًا وبصورة كاملة إلى ثروة أبحاث أينشتاين الجديدة التي أصبحت متاحة في عام ٢٠٠٦، وكانت المرشد خلالها، وكانت أيضًا منسقًا ومضيفًا كريمًا أثناء رحلاتي إلى مشروع أبحاث أينشتاين Einstein Papers Project في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، وهي تتمتع بولع شديد بالعمل وروح دعابة محببة، وهو ما كان سيسر أينشتاين.

وكان اثنان من مساعديها خير عون في إرشادي أثناء الاطلاع على الأبحاث الجديدة، فضلًا عن الثروات الدفينة التي لم تستغل بعد في الملفات القديمة، فقد راجع تيلمان سوير Tilman Sauer الكتاب وأضاف الحواشي، وراجع على وجه الخصوص الأجزاء المتعلقة بسعي أينشتاين وراء معادلات النسبية العامة وبحثه عن نظرية المجال الموحد، وقدم زئيف روزينكرانز Ze'ev Rosenkranz — المحرر التاريخي للأبحاث — رؤى ثاقبة حول مواقف أينشتاين تجاه ألمانيا وتجاه إرثه اليهودي، وزئيف روزينكرانز هو الأمين السابق لسجلات أينشتاين التاريخية بالجامعة العبرية بالقدس.

باربرا وولف Barbara Wolff هي المسئولة الحالية عن هذه السجلات بالجامعة العبرية، وقد قامت بمراجعة متأنية للحقائق في كل صفحة من المخطوطة، وأجرت تصحيحات دقيقة لكل كبيرة وصغيرة، وقد حذرتني من أنها معروفة بالمغالاة في التدقيق، لكنني في غاية الامتنان لكل الهفوات التي وجدتها. وأقدر أيضًا التشجيع الذي منحته لي روني جروش Roni Grosz أمينة السجلات هناك.

كان بريان جرين Brian Greene الفيزيائي بجامعة كولومبيا ومؤلف كتاب The Fabric of the Cosmos صديقًا ومحررًا لا غنى عنه؛ فقد بحث معي تنقيحات عديدة، وأحكم صياغة الفقرات العلمية، وقرأ النسخة النهائية، وهو متمكن من العلم واللغة على السواء. وبالإضافة إلى أبحاثه في نظرية الأوتار فسوف ينظم هو وزوجته تراسي داي Tracy Day مهرجانًا علميًّا سنويًّا في مدينة نيويورك للمساعدة في نشر الحماس للفيزياء الذي يظهر بوضوح في أعماله وكتبه.

قرأ لورانس كراوس Lawrence Krauss — أستاذ الفيزياء بجامعة Case Western Reserve ومؤلف كتاب Hiding in the Mirror — أيضًا مسودتي، وراجع الأجزاء التي تتناول النسبية الخاصة والنسبية العامة وعلم الكون، وقدم العديد من الاقتراحات والتصويبات المفيدة، وكان لديه أيضًا حماس مُعدٍ للفيزياء.

وقد ساعدني كراوس في الاستعانة بواحد من تلامذته هو كريج جي كوبي Craig J. Copi الذي يقوم بتدريس نظرية النسبية، وقد استعنت به لإجراء مراجعة شاملة للعلوم والرياضيات، وأنا ممتن له لتعديلاته المتقنة.

وقد راجع دوجلاس ستون Douglas Stone — أستاذ الفيزياء بجامعة ييل — أيضًا المادة العلمية في الكتاب، ولأنه من واضعي النظريات في فيزياء المادة المكثفة Condensed Matter Physics فهو يؤلف كتابًا مهمًّا عن إسهامات أينشتاين في ميكانيكا الكم، وقد ساعدني — إلى جانب مراجعة الأجزاء العملية — في كتابة الفصول التي تناولت بحث كمات الضوء الذي نشر عام ١٩٠٥، ونظرية الكم، وإحصائيات أينشتاين وبوز Einstein-Bose Statistics، والنظرية الحركية.

كان موري جيل-مان Murray Gell-Mann — الحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٦٩ — مرشدًا رائعًا ومتحمسًا من بداية المشروع حتى نهايته، فقد ساعدني في مراجعة المسودات الأولى، وحرر وصحح الفصول التي تتناول النسبية وميكانيكا الكم، وساعد في إعداد مسودات الأجزاء التي تناولت اعتراضات أينشتاين على مبدأ الشك في ميكانيكا الكم. واستطاع بما يتمتع به من سعة الاطلاع وروح المرح والإحاطة بالشخصيات؛ أن يجعل من العملية متعة عظيمة.

آرثر آي ميلر Arthur I. Miller، أستاذ فخري في تاريخ وفلسفة العلوم بجامعة لندن، وهو مؤلف كتب Einstein وPicasso وEmpire of the Stars، وقد قرأ وأعاد قراءة نصوص الفصول العلمية، وساعد في مراجعات عديدة خاصة فيما

يتعلق بالنسبية الخاصة (التي ألف عنها كتابًا رائدًا) والنسبية العامة ونظرية الكم.

وافق سيلفستر جيمس جيتس الابن Sylvester James Gates Jr. — أستاذ الفيزياء بجامعة ميريلاند — على قراءة مسودتي عندما جاء إلى أسبن لحضور مؤتمر عن أينشتاين، وأجرى تنقيحًا شاملًا يزخر بالتعليقات الذكية، وأعاد صياغة بعض الفقرات العلمية.

تخصص جون دي نورتون John D. Norton — الأستاذ بجامعة بيتسبيرج — في تتبع خطوات تفكير أينشتاين عندما ابتكر نظرية النسبية الخاصة ثم العامة، وقد قرأ هذه الأجزاء من كتابي، وأدخل عليها تعديلات وقدم ملحوظات مفيدة، وأنا ممتن أيضًا للتوجيه الذي منحني إياه اثنان من زملائه الباحثين المتخصصين في دراسة ابتكار أينشتاين لنظرياته؛ وهما يورجين رين Jürgen Renn من معهد ماكس بلانك في برلين وميشيل جانسين Michel Janssen من جامعة مينيسوتا.

وافق جورج سترانهان George Stranahan — أحد مؤسسي مركز آسبن للفيزياء — أيضًا على قراءة المسودة ومراجعتها، وكان خير عون في تحرير الأجزاء الخاصة ببحث كمات الضوء، والحركة البروانية، وتاريخ النسبية الخاصة.

قرأ روبرت ريناسيفتش Robert Rynasiewicz — أستاذ فلسفة العلوم بجامعة جونز هوبكنز — العديد من الفصول العلمية وطرح أفكارًا مفيدة عن السعي وراء النسبية العامة.

أدخل إن ديفيد ميرمن N. David Mermin — أستاذ الفيزياء النظرية بجامعة كورنيل ومؤلف كتاب It’s About Time: Understanding Einstein’s Relativity — تعديلات وتصويبات على النص النهائي لمقدمة الكتاب بالإضافة إلى الفصلين الخامس والسادس اللذين يتناولان أبحاث أينشتاين التي نشرت عام ١٩٠٥.

جيرالد هولتون Gerald Holton — أستاذ الفيزياء بجامعة هارفارد — هو أحد الرواد في دراسة أينشتاين، ولا يزال مرجعًا يهتدى به، وقد كنت في غاية الغبطة والسرور عندما أبدى استعدادًا لقراءة كتابي وتقديم ملاحظاته، وسعدت بتشجيعه كثيرًا. وكان زميله في هارفارد دادلي هيرشباخ Dudley Herschbach الذي قدم الكثير في مجال تدريس العلوم عونًا أيضًا، وقد أبدى هولتون وهيرشباخ ملاحظات مفيدة

على مسودتي، وأمضيا ساعات معي في ظهيرة أحد الأيام في مكتب هولتون لمراجعة الاقتراحات وتنقيح وصفي للشخصيات التاريخية.

قرأ أشتون كارتر Ashton Carter — أستاذ العلوم والشئون الدولية بجامعة هارفارد — مشكورًا واحدة من المسودات الأولى وحققها. وقدم فرتز شتيرن Fritz Stern بجامعة كولومبيا — مؤلف كتاب Einstein's German World — النصيحة والتشجيع منذ الأيام الأولى. وقام بالمثل روبرت شولمان Robert Schulmann أحد المحررين الأوائل في مشروع أبحاث أينشتاين. وحذرني جيريمي بيرنشتاين Jeremy Bernstein — الذي كتب العديد من الكتب الرائعة عن أينشتاين — من مدى صعوبة الأجزاء العلمية، وكان محقًّا، وأنا ممتن لذلك أيضًا.

بالإضافة إلى ذلك طلبت من اثنين من معلمي الفيزياء بالمرحلة الثانوية أن يقرآ الكتاب قراءة دقيقة للتأكد من صحة المادة العلمية وسهولة استيعابها بالنسبة للقراء الذين كان مقرر الفيزياء في المرحلة الثانوية هو آخر عهدهم بدراسة الفيزياء. كانت نانسي سترافينسكي إيزاكسون Nancy Stravinsky Isaacson معلمة للفيزياء في نيوأورليانز حتى جاء إعصار كاترينا Hurricane Katrina فتركها بلا عمل، ويعمل ديفيد ديربس David Derbes معلمًا للفيزياء في مدرسة University of Chicago Lab School، وقد كانت ملاحظاتهما ثاقبة جدًّا وموجهة إلى القارئ العادي.

هناك نتيجة طبيعية لمبدأ الشك التي تفيد أنه مهما كان عدد المرات التي يراجع فيها كتاب ما، فسوف تظل هناك بعض الأخطاء، وأنا أتحمل وزر هذه الأخطاء.

كان وجود بعض القراء من غير المتخصصين في العلوم عونًا أيضًا، فقد أبدوا ملاحظات قيمة للغاية من منظور غير المتخصصين حول كثير من أجزاء المسودة، وكان من بين هؤلاء: ويليام ماير William Mayer، وأورفيل رايت Orville Wright، ودانييل أوكرنت Daniel Okrent، وستيف فيتسمان Steve Weisman، وستروب تالبوت Strobe Talbott.

طوال خمسة وعشرين عامًا كانت محررتي أليس مايهيو Alice Mayhew بمؤسسة سيمون وشوستر Simon & Schuster، وكانت وكيلة أعمالي أماندا إيربان Amanda Urban في ICM، ولا أستطيع أن أتصور شريكين أفضل منهما، وقد كانتا فضلًا عن ذلك متحمستين وكانت ملاحظاتهما عن الكتاب عونًا لي. وأشكر أيضًا كارولين ريدي Carolyn Reidy، وديفيد روزنثال David Rosenthal، وروجر لابريي

Roger Labrie، وفيكتوريا ماير Victoria Meyer، وإليزابيث هايس Elizabeth Hayes، وسيرينا جونز Serena Jones، ومارا لوري Mara Lurie، وجوديث هوفر Judith Hoover، وجاكي سو Jackie Seow، ودانا سلون Dana Sloan بمؤسسة سيمون وشوستر. وأتقدم بالشكر لإليوت رافيتز Elliot Ravetz وباتريشيا زندولكا Patricia Zindulka لوقفاتهم التي لا تحصى إلى جانبي طوال سنوات.

وقد ترجمت لي ناتاشا هوفماير Natasha Hoffmeyer وجيمس هوبس James Hoppes مراسلات وكتابات أينشتاين من اللغة الألمانية، وخاصة المادة الجديدة التي لم تكن قد ترجمت بعد، وأنا ممتن لاجتهادهم وكدهم. وقد قام جاي كولتون Jay Colton — الذي كان محررًا فوتوغرافيًّا لعدد مجلة تايم الذي صدر بعنوان رجل القرن — بعمل إبداعي في البحث عن صور هذا الكتاب.

وكان لدى اثنان ونصف من القراء الآخرين الذين كانوا أكثر الجميع أهمية؛ الأول هو والدي إيروين إيزاكسون Irwin Isaacson، المهندس الذي غرس في نفسي حب العلوم وأذكى المعلمين الذين التقيت بهم في حياتي، وأنا ممتن له أيضًا من أجل العالم الذي أبدعه لي هو ووالدتي يرحمها الله، كما أشكر زوجة أبي الحكيمة الألمعية جوليان Julanne.

القارئة الأخرى التي كانت خير عون لي هي زوجتي كاثي Cathy التي قرأت كل صفحة بحكمتها المعتادة وحصافتها وتطلعها للمعرفة، ونصف القارئة التي أعانتني هي ابنتي بتسي Betsy التي قرأت كعادتها أجزاء مختارة من كتابي، وكانت الثقة التي أصدرت بها أحكامها تعويضًا عن عشوائية قراءتها. وأنا أحب كلتيهما بشغف.

الشخصيات الأساسية

ميكيلي أنجيلو بيسو Michele Angelo Besso (١٨٧٣–١٩٥٥): صديق أينشتاين الحميم، كان مهندسًا جذابًا لكنه يفتقر إلى التركيز، قابل أينشتاين في زيورخ، وعمل معه في مكتب براءات الاختراع ببرن، وعمل كمرآة لأفكاره في بحث النسبية الخاصة عام ١٩٠٥. تزوج من آنا فينتلر Anna Winteler، أخت صديقة أينشتاين الأولى.

نيلز بور Niels Bohr (١٨٨٥–١٩٦٢): رائد نظرية الكم الدانمركي، وفي مؤتمرات سولفاي واللقاءات الفكرية اللاحقة كان يتهرب من اعتراضات أينشتاين الحماسية حول تفسير كوبنهاجن لميكانيكا الكم.

ماكس بورن Max Born (١٨٨٢–١٩٧٠): فيزيائي ورياضي ألماني، كانت بينه وبين أينشتاين مراسلات عبقرية وحميمة استمرت أربعين عامًا، حاول إقناع أينشتاين بقبول ميكانيكا الكم، وكانت زوجته هيدفيج Hedwig تعارض أينشتاين في بعض المسائل الشخصية.

هيلين دوكاس Helen Dukas (١٨٩٦–١٩٨٢): سكرتيرة أينشتاين الوفية، وحارسه اليقظ، ورفيقته منذ عام ١٩٢٨ وحتى وفاته، وصارت بعد ذلك حامية لتراثه وأبحاثه.

آرثر ستانلي إدينجتون Arthur Stanley Eddington (١٨٨٢–١٩٤٤): عالم بريطاني في الفيزياء الفلكية والمدافع عن النسبية الذي كان رصده لكسوف الشمس عام ١٩١٩ تأكيدًا لفرضية أينشتاين حول مقدار انحناء الضوء بفعل الجاذبية.

بول إيرنفيست Paul Ehrenfest **(١٨٨٠–١٩٣٣):** فيزيائي نمساوي المولد، حاد الطباع مزعزع الثقة، بدأت علاقته مع أينشتاين في زيارة لبراغ عام ١٩١٢، وأصبح أستاذًا في ليدن Leiden، حيث كان يستضيف أينشتاين مرارًا.

إدوارد أينشتاين Eduard Einstein **(١٩١٠–١٩٦٥):** الابن الثاني لميليفا ماريتش وأينشتاين. ذكي وفنان، كان مفتونًا بفرويد وكان يتمنى أن يصبح طبيبًا نفسيًّا، لكنه أصيب بالفصام في العشرينات من عمره وقضى الجزء الأعظم من حياته في مؤسسة علاجية في سويسرا.

إلسا أينشتاين Elsa Einstein **(١٨٧٦–١٩٣٦):** ابنة عم أينشتاين، وزوجته الثانية، أم مارجو Margot وإلز Ilse من زواجها الأول من تاجر النسيج ماكس لوفنتال Max Löwenthal، وبعد طلاقها في عام ١٩٠٨ عادت هي وابنتاها إلى اسم العائلة قبل الزواج؛ أينشتاين، وتزوجت بأينشتاين عام ١٩١٩، وعرفت كيف تتعامل معه لأنها كانت أذكى مما تدعي.

هانز ألبرت أينشتاين Hanz Albert Einstein **(١٩٠٤–١٩٧٣):** الابن الأول لميليفا ماريتش وأينشتاين، وهو دور صعب تعامل معه بلطف. درس الهندسة في معهد زيورخ، وتزوج بفريدا كونيكت Frieda Knecht (١٨٩٥–١٩٥٨) عام ١٩٢٧، وأنجبا ولدين هما برنارد Bernard (١٩٣٠–) وكلاوس Klaus (١٩٣٢–١٩٣٨) وابنة بالتبني، إيفيلين Evelyn (١٩٤١–). سافر هانز إلى الولايات المتحدة عام ١٩٣٨، وأصبح في النهاية أستاذًا للهندسة الهيدروليكية بجامعة بيركلي، وبعد وفاة فريدا، تزوج من إليزابيث روبوز Elizabeth Roboz (١٩٠٤–١٩٩٥) عام ١٩٥٩. ولبرنارد خمسة أبناء هم الأحفاد الوحيدون المعروفون لألبرت أينشتاين.

هيرمان أينشتاين Hermann Einstein **(١٨٤٧–١٩٠٢):** أب أينشتاين من أسرة يهودية من أرياف سوابيا، أدار هو وأخوه جاكوب شركات كهرباء في ميونخ، وبعد ذلك في إيطاليا، ومنيت شركاتهما بالفشل.

إلز أينشتاين Ilse Einstein **(١٨٩٧–١٩٣٤):** ابنة إلسا أينشتاين من زواجها الأول، كانت لها علاقة غرامية مع طبيب مغامر يدعى جيورج نيكولاي George Nicolai، وتزوجت عام ١٩٢٤ من صحفي أدبي يدعى رودلف كايزر Rudolph Kayser، الذي

ألف فيما بعد كتابًا عن أينشتاين مستخدمًا اسمًا مستعارًا هو أنطون رايزر Anton Reiser.

ليسيرل أينشتاين Lieserl Einstein (١٩٠٢–؟): ابنة أنجبها أينشتاين وميليفا ماريتش قبل زواجهما، والأرجح أن أينشتاين لم يرها أبدًا، وربما تركها والداها للتبني في مسقط رأس أمها بمدينة نوفي ساد Novi Sad بصربيا، وربما تكون قد ماتت بالحمى القرمزية أواخر عام ١٩٠٣.

مارجو أينشتاين Margot Einstein (١٨٩٩–١٩٨٦): ابنة إلسا أينشتاين من زواجها الأول، وهي نحاتة خجول، تزوجت بدميتري ماريانوف Dimitri Marianoff الروسي عام ١٩٣٠ ولم يرزقا بأطفال، وألف ديمتري فيما بعد كتابًا عن أينشتاين. وقد انتهى زواجهما بالطلاق عام ١٩٣٧، وانتقلت مارجو للعيش مع أينشتاين في برينستون، وظلت مقيمة في ١١٢ شارع ميرسر حتى وفاتها.

ماريا «مايا» أينشتاين Maria “Maja” Einstein (١٨٨١–١٩٥١): شقيقة أينشتاين الوحيدة، وواحدة من المقربين إليه، تزوجت ببول فينتلر Paul Winteler، ولم تنجب منه أطفالًا، وعام ١٩٣٨ انتقلت بمفردها من إيطاليا إلى برينستون لتعيش مع أخيها.

بولين كوخ أينشتاين Pauline Koch Einstein (١٨٥٨–١٩٢٠): أم أينشتاين العملية قوية الإرادة، وهي ابنة رجل غني يهودي يتاجر في الحبوب من فيرتمبرج Württemberg، تزوجت بهيرمان أينشتاين عام ١٨٧٦.

إبراهام فلكسنر Abraham Flexner (١٨٦٦–١٩٥٩): مصلح تعليم أمريكي، أسس معهد الدراسة المتقدمة Institute of Advanced Study في برينستون، واختار أينشتاين للعمل به.

فيليب فرانك Philipp Frank (١٨٨٤–١٩٦٦): فيزيائي نمساوي خلف صديقه أينشتاين في الجامعة الألمانية ببراغ وكتب فيما بعد كتابًا عنه.

مارسيل جروسمان Marcel Grossmann (١٨٧٦–١٩٣٦): زميل دراسة مجتهد في المعهد الفني بزيورخ Zurich Polytechnic، كان يكتب محاضرات الرياضيات

لأينشتاين، وساعده بعد ذلك في الحصول على وظيفة في مكتب براءات الاختراع، وكأستاذ للهندسة الوصفية في المعهد، أرشد أينشتاين إلى الرياضيات المطلوبة لنظرية النسبية العامة.

فريتز هابر Fritz Haber (١٨٦٨–١٩٣٤): كيميائي ألماني ورائد استخدام الغازات السامة في الحروب، ساعد في اختيار أينشتاين للعمل في برلين وتوسط بينه وبين زوجته ميليفا ماريتش، وهو يهودي تحول إلى المسيحية في محاولة ليصبح ألمانيًّا صالحًا، وكان يعظ أينشتاين بفضائل الاندماج في الثقافة الألمانية إلى أن تقلد النازيون السلطة.

كونراد هابيكت Conrad Habicht (١٨٧٦–١٩٥٨): رياضي ومخترع هاو وعضو في المناقشات الثلاثية بأكاديمية أوليمبيا في برن، وقد تلقى من أينشتاين اثنين من الخطابات الشهيرة عام ١٩٠٥ التي تبشر بأبحاث جديدة.

فيرنر هايزنبيرج Werner Heisenberg (١٩٠١–١٩٧٦): فيزيائي ألماني، ورائد من رواد ميكانيكا الكم، صاغ مبدأ عدم اليقين الذي ظل أينشتاين يقاومه سنوات عديدة.

ديفيد هيلبرت David Hilbert (١٨٦٢–١٩٤٣): رياضي ألماني، تسابق مع أينشتاين عام ١٩١٥ في اكتشاف المعادلات الرياضية للنسبية العامة.

بانيش هوفمان Banesh Hoffmann (١٩٠٦–١٩٨٦): رياضي وفيزيائي تعاون مع أينشتاين في برينستون وكتب فيما بعد كتابًا عنه.

فيليب لينارد Philipp Lenard (١٨٦٢–١٩٤٧): فيزيائي ألماني مجري، فسر أينشتاين ملاحظاته التجريبية عن الأثر الكهروضوئي في بحثه عن كمات الضوء عام ١٩٠٥، وقد أصبح نازيًّا معاديًا للسامية ومعاديًا لأينشتاين.

هندريك أنطون لورنتز Hendrik Antoon Lorentz (١٨٥٣–١٩٢٨): فيزيائي هولندي يتسم بالحكمة ورقة الحاشية، وقد مهدت نظرياته الطريق لنظرية النسبية الخاصة، وأصبح بمنزلة الأب لأينشتاين.

ميليفا ماريتش Mileva Marić (١٨٧٥–١٩٤٨): طالبة فيزياء صربية بالمعهد الفني في زيورخ، أصبحت الزوجة الأولى لأينشتاين، وهي والدة هانز ألبرت، وإدوارد،

وليزيرل. كانت ميليفا تتميز بالحماس وعلو الهمة، لكنها كانت أيضًا أميل إلى الحزن والاكتئاب، وقد تغلبت على كثير من العقبات — وليس كلها — التي واجهتها آنذاك كفيزيائية طموحة. انفصلت ميليفا عن أينشتاين عام ١٩١٤، وطلقت عام ١٩١٩.

روبرت أندروز ميليكان Robert Andrews Milikan (١٨٦٨–١٩٥٣): عالم أمريكي في الفيزياء التجريبية أثبت قانون الأثر الكهروضوئي لأينشتاين، واختاره ليكون أستاذًا زائرًا في كالتك.

هيرمان مينكوفسكي Hermann Minkowski (١٨٦٤–١٩٠٩): كان يدرس الرياضيات لأينشتاين في المعهد الفني بزيورخ، وكان يصفه بأنه «كلب كسول»، وقد ابتكر صيغة رياضية للنسبية الخاصة على أساس زمكان ذي أربعة أبعاد.

جيورج فريدريخ نيكولاي Georg Friedrich Nicolai، كان يحمل اسم ليفينشتاين (١٨٧٤–١٩٦٤): طبيب وداعية للسلام ومغامر ذو شخصية آسرة وزير نساء، صديق وطبيب إلسا أينشتاين ومن المحتمل أنه كان عاشقًا لابنتها إلسا، وقد كتب بالاشتراك مع أينشتاين كتيبًا يدعو للسلام عام ١٩١٥.

إبراهام بايس Abraham Pais (١٩١٨–٢٠٠٠): عالم هولندي المولد متخصص في الفيزياء النظرية، أصبح زميلًا لأينشتاين في برينستون، وكتب سيرة علمية عنه.

ماكس بلانك Max Planck (١٨٥٨–١٩٤٧): عالم بروسي متخصص في الفيزياء النظرية، كان راعيًا مبكرًا لأينشتاين وساعد على تعيينه في برلين، وقد جعلته نزعاته المحافظة — في الحياة والفيزياء — على النقيض من أينشتاين، لكنهما ظلا زميلين وفيين وحميمين إلى أن استولى النازيون على السلطة.

إيرفين شرودنجر Erwin Schrödinger (١٨٨٧–١٩٦١): عالم نمساوي متخصص في الفيزياء النظرية كان من رواد ميكانيكا الكم، لكنه شارك أينشتاين في التعبير عن الانزعاج من عدم اليقين والاحتمالات التي تشكل أساسها.

موريس سولوفين Maurice Solovine (١٨٧٥–١٩٥٨): طالب فلسفة روماني في برن، أسس «أكاديمية أوليمبيا» مع أينشتاين وهابيكت، وأصبح الناشر الفرنسي لأينشتاين ومراسله مدى الحياة.

ليو سيلارد Leó Szilárd (١٨٩٨–١٩٦٤): فيزيائي مجري المولد، خفيف الروح وغريب الأطوار، قابل أينشتاين في برلين وسجل معه براءة اختراع ثلاجة. ابتكر فكرة التفاعل النووي المتسلسل، وشارك مع أينشتاين عام ١٩٣٩ في كتابة الخطاب الذي أرسلاه إلى الرئيس فرانكلين روزفلت لحثه على الإسراع في صنع قنبلة ذرية.

حاييم فيتسمان Chaim Weizmann (١٨٧٤–١٩٥٢): كيميائي روسي المولد، هاجر إلى إنجلترا وأصبح رئيسًا للمنظمة الصهيونية العالمية، وفي عام ١٩٢١ جاء بأينشتاين إلى أمريكا لأول مرة، واستخدمه كشخصية رئيسية في جولة لجمع التبرعات. كان حاييم فيتسمان أول رئيس لإسرائيل، وعند وفاته عُرِض هذا المنصب على أينشتاين.

عائلة فينتلر The Winteler Family: كان أينشتاين يعيش معهم وهو طالب في أرو بسويسرا. كان يوست فينتلر يدرس له مادتي التاريخ واللغة اليونانية، وكانت زوجته روزا بمنزلة الأم، ومن بين أبنائهم السبعة ماري التي أصبحت الصديقة الأولى لأينشتاين، وآنا التي تزوجت ميشيل بيسو أفضل أصدقاء أينشتاين، وبول الذي تزوج مايا أخت أينشتاين.

هاينريخ زانجر Heinrich Zangger (١٨٧٤–١٩٥٧): أستاذ علم وظائف الأعضاء بجامعة زيورخ، وكان صديقًا لأينشتاين وماريتش وساعد في التوسط في خلافاتهما وطلاقهما.

الفصل الأول

راكب الشعاع الضوئي

كتب فاحص براءات الاختراع الشاب خطابًا لصديقه يقول فيه: «أعدك بأربعة أبحاث». سيتضح أن الخطاب يحمل بعضًا من أهم الأخبار في تاريخ العلم، غير أن طبيعة هذه الأبحاث الهامة جدًّا كانت مغلفة بنغمة عابثة خبيثة تنم عن طبيعة كاتبها، فقد خاطب صديقه قائلًا: «أيها الحوت المتجمد»، واعتذر عن كتابة خطاب اعتبره «ثرثرة لا طائل منها». ولم يبد أنه يشعر بأهمية هذه الأبحاث — التي كتبها في وقت فراغه — إلا عندما انتقل في خطابه إلى وصفها.[1]

وأوضح أن «البحث الأول يتناول الإشعاع وخصائص طاقة الضوء، وهو بحث ثوري»، وكان بالفعل بحثًا ثوريًّا، حاول فيه أن يبرهن على أن الضوء ليس مجرد موجة، ولكن يمكن اعتباره أيضًا تيارًا من جسيمات دقيقة تسمى كمات، والنتائج التي ستتمخض عنها هذه النظرية في النهاية — نظام كوني بدون سببية أو يقينية مطلقة — ستظل تخيفه بقية حياته.

«يتناول البحث الثاني تحديد الأحجام الحقيقية للذرات»، وعلى الرغم من أن وجود الذرات ذاتها كان لا يزال مثار جدل، فقد كان هذا البحث أكثر الأبحاث وضوحًا، ولذا وقع اختياره عليه كأضمن رهان في محاولته الأخيرة لكتابة رسالة الدكتوراه. لقد كان بصدد إحداث طفرة في الفيزياء، لكن محاولاته المتكررة للفوز بوظيفة أكاديمية أو حتى الحصول على درجة الدكتوراه — التي كان يأمل أن ترقيه من درجة فاحص ثالث إلى درجة فاحص ثان في مكتب براءات الاختراع — باءت جميعها بالفشل.

وفسر البحث الثالث الحركة المضطربة للجسيمات المجهرية في سائل باستخدام تحليل إحصائي لتصادمات عشوائية، وبرهن في الوقت نفسه على وجود الذرات والجزيئات.

«والبحث الرابع مجرد مسودة أولية في الوقت الحالي، وهو يتناول الديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة، ويعتمد على صيغة معدلة لنظرية المكان والزمان.» قطعًا لم يكن هذا ثرثرة لا طائل منها، وقد قرر بالاعتماد فقط على التجارب الفكرية — التي كان يجريها في عقله وليس في معمل — أن يرفض مفاهيم نيوتن عن المكان والزمان المطلقين، وسوف يعرف هذا بنظرية النسبية الخاصة.

وما لم يخبر به صديقه — لأنه لم يكن قد خطر بباله بعد — هو أنه سيقدم بحثًا خامسًا في تلك السنة؛ ملحقًا قصيرًا للبحث الرابع افترض فيه وجود علاقة بين الطاقة والكتلة، ومنها ستخرج أشهر المعادلات في علم الفيزياء بأسره: الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء $E = mc^2$.

وبالنظر إلى الوراء إلى قرن سيذكر باستعداده للتحرر من ربقة التقليدية، والنظر قدمًا نحو عصر يسعى إلى تربية الإبداع المطلوب للابتكار العلمي، يبرز شخص كرمز من أسمى رموز عصرنا: اللاجئ طيب القلب الذي فر من الظلم، والذي جعلت هالة شعره الثائر، وعيناه البراقتان، وإنسانيته الآسرة، وذكاؤه الفريد؛ من وجهه رمزًا، ومن اسمه مرادفًا للعبقرية. كان ألبرت أينشتاين يمتاز بسعة الخيال، ويحدوه إيمان بتناسق صنع الطبيعة، وقصته الرائعة تشهد على الارتباط بين الإبداع والحرية، وتعكس انتصارات واضطرابات العصر الحديث.

والآن بعد أن فتحت سجلاته التاريخية بالكامل، نستطيع أن نستكشف كيف تضافر الجانب الشخصي من أينشتاين — شخصيته المعاندة، ونزعاته كمتمرد، وفضوله، وعواطفه واستقلاليته في الرأي — مع الجانب السياسي والجانب العلمي لديه، ويساعدنا التعرف على الرجل في فهم ينابيع علمه، والعكس صحيح، فقد كانت شخصيته وخياله وعبقريته المبدعة ترتبط جميعها بعضها ببعض كما لو كانت جزءًا من مجال موحد.

على الرغم مما اشتهر عنه بأنه يميل إلى العزلة، فقد كان في الواقع حار العاطفة في الجانبين الشخصي والعلمي؛ ففي أثناء دراسته بالكلية وقع في حب جنوني مع الفتاة الوحيدة في قسم الفيزياء، فتاة صربية سمراء حادة الطباع تدعى ميليفا ماريتش Mileva Marić، وأنجبا ابنة غير شرعية، ثم تزوجا وأنجبا ابنين. كانت ميليفا بمنزلة مرآة لأفكاره العلمية، وساعدت في مراجعة الرياضيات في أبحاثه، غير أن علاقتهما تدهورت في النهاية. وعرض أينشتاين عليها صفقة؛ قال لها إنه سوف يفوز بجائزة

نوبل يومًا ما، وإنه سوف يمنحها الجائزة المالية إذا وافقت على الطلاق، فتدبرت الأمر أسبوعًا، ثم وافقت على الصفقة. ولما كانت نظرياته ثورية، فقد مضى سبعة عشر عامًا منذ عمله الدءوب في مكتب براءات الاختراع حتى حصل على الجائزة ومنحها إياها.

عكست حياة أينشتاين وأبحاثه تصدع الحقائق الاجتماعية والثوابت الأخلاقية في جو الحداثة الذي ساد في أوائل القرن العشرين، وكان الجو يموج بالتمرد الإبداعي؛ فقد كان المبدعون من أمثال بيكاسو Picasso، وجويس Joyce، وفرويد Freud، وسترافينسكي Stravinsky، وشوينبرج Schoenberg، وغيرهم كانوا يحطمون قيود التقاليد. وكان يشحن هذا الجو تصور للعالم يبدو فيه أن الزمان والمكان وخواص الجسيمات تخضع لمشاهدات متذبذبة.

غير أن أينشتاين لم يكن مؤمنًا حقًّا بالمذهب النسبي، على الرغم من أن هذا ما وصفه به الكثيرون، ومنهم من كان ازدراؤهم مشوبًا بمعاداة السامية، وكان الدافع وراء جميع نظرياته — بما فيها النسبية — السعي إلى الحقائق المطلقة والثوابت واليقينيات. كان أينشتاين يشعر أن هناك واقعًا متسقًا يشكل أساسًا لقوانين الكون، وأن هدف العلم أن يكتشفه.

بدأت رحلته البحثية عام ١٨٩٥ عندما تخيل وهو في السادسة عشرة ما سيحدث لو أن شخصًا انطلق بمحاذاة شعاع ضوء، وبعد عشر سنوات جاءت سنة المعجزات التي وصفها في الخطاب عاليه، والتي وضعت الأساس لأعظم إنجازين في فيزياء القرن العشرين، وهما: النسبية الخاصة ونظرية الكم.

وبعد عشر سنوات أخرى، عام ١٩١٥، انتزع من الطبيعة أعظم إنجازاته، وواحدة من أروع النظريات العلمية؛ نظرية النسبية العامة، وكما في النسبية الخاصة فقد تطورت أفكاره عن طريق التجارب الفكرية، وتخيل في إحداها أنه يركب مصعدًا مغلقًا يتسارع لأعلى في الفضاء، فالتأثيرات التي سيشعر بها المرء لا يمكن تمييزها عن أثر الجاذبية.

تصور أينشتاين أن الجاذبية هي انحناء الزمان والمكان، وتوصل إلى معادلات تصف كيف تنشأ ديناميكيات هذا الانحناء من العلاقة المتبادلة بين المادة والحركة والطاقة، ويمكن وصفها بواسطة تجربة فكرية أخرى؛ تصور ما يحدث عندما تتدحرج كرة بولينج فوق سطح ثنائي الأبعاد من قماش مشدود، ثم تتدحرج بعض كرات البلياردو، فسوف تتجه كرات البلياردو نحو كرة البولينج، ليس بسبب قوة

جذب غامضة تحدثها كرة البولينج، ولكن بسبب الطريقة التي تحني بها القماش المشدود، والآن تخيل حدوث ذلك في النسيج رباعي الأبعاد للمكان والزمان. أجل، ليس من السهل أن نتخيل ذلك، لكننا لا نملك عقلية أينشتاين.

جاءت نقطة المنتصف في حياته العملية بعد عقد من الزمان، عام ١٩٢٥، وكانت نقطة تحول، فقد كانت ثورة الكم التي ساعد على انطلاقها تتحول إلى ميكانيكا جديدة تقوم على الاحتمالات والمتغيرات، وقد قام بآخر إسهاماته العظيمة في ميكانيكا الكم في تلك السنة، لكنه بدأ يعارضها في الوقت نفسه، وقضى العقود الثلاثة التالية — التي انتهت بمعادلات خطها بيده وهو على فراش الموت عام ١٩٥٥ — منتقدًا بشدة ما اعتبره قصورًا في ميكانيكا الكم، ومحاولًا إدراجها ضمن نظرية مجال موحد.

وخلال سنواته الثلاثين كثائر والثلاثين سنة اللاحقة كمعارض، ظل أينشتاين ثابتًا على رغبته في أن يعيش مستأنسًا بالسكينة في عزلته، سعيدًا بعدم اضطراره لمسايرة المجتمع، وكانت استقلالية تفكيره مدفوعة بخيال خرج عن حدود المألوف، كان نوعًا فريدًا من البشر؛ متمردًا يحترم الآخرين، يحدوه إيمان بإله لا يحدث شيء في كونه مصادفة.

كانت نزعة التمرد واضحة في شخصية أينشتاين وفي ميوله السياسية أيضًا، وعلى الرغم من أنه أيد المفاهيم الاشتراكية، فقد جعله إيمانه الشديد بحرية الفرد يرفض تحكم الدولة الزائد أو السلطة المركزية، فنزعاته المتطاولة التي خدمته جيدًا كعالم شاب، جعلته حساسًا للقومية والاعتماد على القوة العسكرية، وكل ما يشتم منه رائحة عقلية القطيع، وإلى أن جعله هتلر يراجع معادلات جغرافيته السياسية، كان داعية للسلم بشكل فطري، وكان يجاهر بمقاومته للحرب.

وتتضمن حكايته أهم أفكار العلم الحديث، من المتناهي في الصغر إلى اللانهائي، من انبعاث الفوتونات إلى تمدد الكون. وما زلنا — بعد مرور قرن من انتصاراته العظيمة — نعيش في عالم أينشتاين؛ عالم ترسم حدوده الكبرى نظرية النسبية، وترسم حدوده الدقيقة ميكانيكا الكم التي برهنت على ثباتها، على الرغم مما يعتريها من غموض.

ونجد بصماته على جميع تكنولوجيات العصر الحديث؛ فالخلايا الكهروضوئية والليزر والطاقة النووية والألياف الضوئية والسفر عبر الفضاء وحتى أشباه الموصلات

ترجع جميعها إلى نظرياته. وقد وقع خطابًا إلى فرانكلين روزفلت Franklin Roosevelt محذرًا من إمكانية صنع قنبلة ذرية، وتثب حروف معادلته الشهيرة المتعلقة بالطاقة والكتلة إلى أذهاننا عندما نتصور سحابة عيش الغراب الناتجة عن الانفجار النووي.

انطلق أينشتاين إلى عالم الشهرة عندما أكدت القياسات التي أجريت أثناء كسوف الشمس عام ١٩١٩ افتراضه عن مدى تأثير الجاذبية على انحناء الضوء؛ وتزامنت هذه الانطلاقة مع — وأسهمت في — بداية عهد جديد من الشهرة، فقد أصبح نجمًا في سماء العلم، ورمزًا إنسانيًّا، وأحد أشهر الوجوه على سطح الكوكب. وقد سعى الناس سعيًا جادًّا لفهم نظرياته، ورفعوه إلى مرتبة العبقرية، وكان إعجابهم به يرقى إلى درجة التقديس.

وإن لم تكن له تلك الهالة الثائرة من الشعر، وتلكما العينان الثاقبتان، فهل كان سيصبح رمز العلم؟ افترض — كتجربة فكرية — أنه كان يشبه ماكس بلانك Max Planck أو نيلز بور Niels Bohr، هل كان سيظل في فلكهم يحظى بمكانتهم؛ مكانة عباقرة العلم فحسب؟ أم كان سيثب مع ذلك إلى معبد العظماء الذي يسكنه أرسطو وجاليليو ونيوتن؟[2]

أعتقد أن الحالة الثانية هي التي تنطبق عليه، فقد كانت لأعماله طبيعة شخصية جدًّا، وكانت تحمل بصمته، مثلما تحمل أعمال بيكاسو بصمة بيكاسو، وقد قام بوثبات إبداعية هائلة، وتوصل إلى قوانين عظيمة عن طريق التجارب الفكرية، بدلًا من الاستقراءات المنهجية القائمة على البيانات التجريبية، وكانت النظريات الناتجة تأتي أحيانًا مذهلة وغامضة ومناقضة للمنطق، غير أنها كانت تتضمن أفكارًا تثير اهتمام العامة مثل: نسبية المكان والزمان، والطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء، وانحناء أشعة الضوء، وانحناء الفضاء.

كانت إنسانيته البسيطة تضيف إلى هالته، وكان يزيد أمانه النفسي التواضع الذي يأتي من الإعجاب العميق بالطبيعة. ربما كان منعزلًا عن المقربين إليه، لكنه كان يفيض بالحنان والعاطفة الرقيقة تجاه البشرية بصفة عامة.

وعلى الرغم من شعبيته، ولين جانبه الظاهري، فقد أصبح أينشتاين أيضًا تجسيدًا لمفهوم أن الفيزياء الحديثة علم لا يستطيع استيعابه غير المتخصصين، أو «مجال يقتصر على خبراء أقرب إلى الكهنة» كما جاء على لسان دادلي هيرشباخ[3]

Dudley Herschbach الأستاذ بجامعة هارفارد. لم يكن الأمر دائمًا على هذا النحو، فقد كان جاليليو ونيوتن عبقريين عظيمين، غير أن تفسيرهما الميكانيكي — القائم على السبب والنتيجة — للعالم كان شيئًا يستطيع استيعابه معظم الناس الذين يُعملون عقولهم، وكذلك كان الحال في القرن الثامن عشر الذي ظهر فيه بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin والقرن التاسع عشر الذي ظهر فيه توماس إديسون Thomas Edison، فقد كان الشخص المتعلم يستطيع أن يشعر ببعض الألفة مع العلم، بل كان يستطيع ممارسته كهاو.

والوعي الشعبي بالمساعي العلمية ينبغي — إن أمكن — أن يعود إلى سابق عهده نظرًا لمتطلبات القرن الحادي والعشرين، وهذا لا يعني أن كل متخصص في الأدب ينبغي أن يدرس مقررًا بسيطًا في الفيزياء، أو أن المحامي النقابي يجب أن يظل مطلعًا على آخر التطورات في ميكانيكا الكم، لكنه يعني أن يكون لديه احترام للمنهج العلمي. إن أهم ما نتعلمه من العلم هو علاقة الارتباط ما بين الحقائق والنظريات العامة، تلك العلاقة التي ستظهر بوضوح في حياة أينشتاين.

بالإضافة إلى ذلك، فإن الإعجاب بمفاخر العلم وأمجاده يعتبر سمة من سمات المجتمع الصالح، فهو يساعدنا على أن نحتفظ بالقدرة على الاندهاش كالأطفال، والتعجب من الأشياء العادية مثل سقوط التفاح والمصاعد، وهي الصفة التي اتسم بها أينشتاين وغيره من كبار علماء الفيزياء النظرية.[4]

هذا هو سبب الاهتمام بدراسة أينشتاين، فالعلم ملهم رفيع القدر، والسعي في طلبه رسالة عظيمة، كما تذكرنا قصص أبطاله. وقرب نهاية حياة أينشتاين سألته إدارة التعليم بولاية نيويورك عما يجب أن تؤكد عليه المدارس، فأجاب: «في تدريس التاريخ ينبغي أن تكون هناك دراسة مستفيضة للشخصيات التي أفادت البشرية باستقلالية شخصيتها وأحكامها.»[5] وينتمي أينشتاين إلى هذه الفئة.

وفي هذا الوقت الذي نعيد فيه التأكيد على أهمية تعليم العلوم والرياضيات في مواجهة المنافسة العالمية، يجب أن ننتبه أيضًا إلى الجزء الثاني من إجابة أينشتاين، فقد قال: «علينا أن نتقبل الملاحظات النقدية التي يبديها الطلاب بصدر رحب، ويجب ألا يعوق حفظ المادة العلمية استقلالية الطالب.» ولن يحوز المجتمع الميزة التنافسية بتركيز مدارسه على تعليم جدول الضرب والجدول الدوري، بل بشحذ خيال الطلاب وقدراتهم الإبداعية.

أظن أن هذا سر عبقرية أينشتاين والدروس المستفادة من حياته؛ فعندما كان طالبًا صغيرًا لم يُظهر تفوقًا في التعليم القائم على الحفظ، ولم يأت نجاحه فيما بعد كمنظِّر من قدرته العقلية الجبارة، لكن من تخيله وإبداعه، وقد استطاع أن يضع معادلات معقدة، لكن الأهم من ذلك أنه عرف أن الرياضيات هي اللغة التي تستخدمها الطبيعة لوصف عجائبها، ولذا استطاع أن يتخيل كيف تتجسد المعادلات في صورة حقائق؛ كيف تتجلى معادلات المجال الكهرومغناطيسي التي اكتشفها جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell — على سبيل المثال — لصبي ينطلق بمحاذاة حزمة ضوء، وقد قال أينشتاين ذات مرة: «إن الخيال أهم من المعرفة.»[6]

فرض عليه هذا المنهج أن يعتنق النزعة الثورية، فقد قال لعشيقته التي ستصبح فيما بعد زوجته: «فلتحيا الوقاحة، إنها ملاكي الحارس في هذا العالم.» وبعد سنوات عديدة، عندما ظن آخرون أن رفضه لميكانيكا الكم يثبت أنه قد فقد عبقريته، قال: «جعلني القدر سلطة ليعاقبني على احتقاري للسلطة.»[7]

جاء نجاحه من تشكيكه في المنطق السائد، وتحديه للسلطة، ووقوفه مذهولًا أمام ألغاز رآها الآخرون أمورًا عادية مألوفة لدرجة الابتذال، وأدى به هذا إلى اعتناق أخلاقيات وميول سياسية قائمة على احترام العقول الحرة، والأرواح الحرة، والأشخاص الأحرار، فقد كان يبغض الطغيان، ولم يكن يرى في التسامح فضيلة مستحبة فحسب، بل شرطًا ضروريًّا للمجتمع المبدع، وقال: «من المهم أن نشجع الفردية، لأن الفرد وحده القادر على أن يبتكر الأفكار الجديدة.»[8]

هذه النظرة جعلت أينشتاين متمردًا يقدس تناغم الطبيعة؛ شخصًا لديه المزيج الصحيح من الخيال والحكمة لتغيير مفهومنا للكون، وهذه الصفات لها أهميتها في هذا القرن الذي تسوده العولمة والذي يعتمد نجاحنا فيه على قدرتنا الإبداعية، كما كانت لها أهميتها في مطلع القرن العشرين عندما ساعد أينشتاين في مولد العصر الحديث.

الفصل الثاني

الطفولة

١٨٧٩– ١٨٩٦



مايا في الثالثة، وألبرت أينشتاين في الخامسة

السوابي

كان بطيئًا في تعلم الكلام، وقال فيما بعد: «كان أبواي قلقين، لدرجة أنهما استشارا طبيبًا»، وحتى بعد أن بدأ يستخدم الكلمات، بعد سن الثانية، ظهرت عليه غرابة في الأطوار جعلت الخادمة تطلق عليه der Depperte أي المغفل، وكان آخرون في أسرته يلقبونه بـ«المتخلف»، وكان كلما أراد أن يقول شيئًا جربه على نفسه، وهمس به

بصوت خفيض إلى أن يحسن نطقه ثم ينطقه بصوت عال، وتذكر شقيقته الصغرى التي كانت تحبه جدًّا: «كان يكرر في نفسه بصوت خفيض كل جملة ينطق بها مهما كانت معتادة، ويحرك بها شفتيه»، وتقول: «كان الأمر مقلقًا جدًّا، فقد كان يعاني صعوبة بالغة في الكلام لدرجة أننا خشينا ألا يتعلم أبدًا.»[1]

كان نموه البطيء يقترن بتمرده الوقح تجاه السلطة، مما جعل أحد المدرسين يعاقبه بالطرد، وقال له مدرس آخر إنه لن يصبح شيئًا ذا قيمة، وقد جعلت هذه السمات من ألبرت أينشتاين القديس الراعي لأطفال المدارس العاجزين عن التركيز في كل مكان،[2] لكنها ساعدت أيضًا على أن تجعله — أو هكذا ظن فيما بعد — العبقري العلمي الأكثر إبداعًا في العصور الحديثة.

وقد أدى به احتقاره المغرور للسلطة إلى أن يشكك في المنطق السائد بطرق لم تجل بخاطر رجال الدين المتمرسين في الأكاديمية، أما بطء تطور الكلام عنده، فقد رأى أنه أتاح له أن يلاحظ بدهشة الظواهر اليومية التي لا يلتفت إليها الآخرون، وقد قال أينشتاين ذات مرة: «عندما أسأل نفسي كيف اكتشفتُ — أنا دون غيري — نظرية النسبية، يبدو لي أن السبب يرجع إلى الظرف الآتي: إن الشخص العادي لا يشغل ذهنه قط بمسائل المكان والزمان، فقد شغلت ذهنه تلك الأمور عندما كان طفلًا، لكن نموي كان بطيئًا حتى إنني لم أتساءل حول المكان والزمان إلا بعدما كبرت، وبالتالي بحثت في المشكلة بحثًا أعمق من الطفل العادي.»[3]

ربما كانت اضطرابات النمو عند أينشتاين مبالغًا فيها، وربما بالغ فيها بنفسه، لأن لدينا بعض الرسائل من جديه المتيمين به يقولان فيها إنه كان ذكيًّا ومحببًا مثل أنداده من الأحفاد. غير أن أينشتاين كان يعاني طوال حياته حالة متوسطة من المحاكاة اللفظية تجعله يردد العبارات في نفسه مرتين أو ثلاث مرات، خصوصًا إذا أضحكته، وكان يميل عادة إلى التفكير بالصور، لاسيما في التجارب الفكرية الشهيرة، مثل تخيل مشاهدة ومضات البرق من قطار متحرك، أو تخيل الإحساس بالجاذبية وهو بداخل مصعد أثناء سقوطه. وقد قال لطبيب نفسي فيما بعد: «نادرًا ما أفكر بالكلمات، فالفكرة تأتيني وقد أحاول التعبير عنها بالكلمات فيما بعد.»[4]

كان أينشتاين ينحدر، من أبويه كلاهما، من تجار وبائعين متجولين يهود، عاشوا حياة متواضعة لمدة قرنين على الأقل في أرياف دوقية سوابيا في جنوب غرب ألمانيا، ومع كل جيل أصبحوا — أو على الأقل ظنوا أنهم أصبحوا — يندمجون أكثر

فأكثر في الثقافة الألمانية التي أحبوها، وعلى الرغم من انتمائهم إلى اليهودية ثقافة وأصلًا، فقد أظهروا اهتمامًا ضئيلًا بالدين وطقوسه.

كان أينشتاين كثيرًا ما ينكر الدور الذي لعبه تراثه في تشكيل الشخصية التي صار إليها، وقد قال لأحد أصدقائه في مرحلة متأخرة من حياته: «إن البحث في سيرة أسلافي لا يقود إلى شيء.»[5] لم يكن ذلك حقيقيًّا تمامًا، فقد كان محظوظًا لأنه ولد في عائلة ذات عقلية مستقلة وذكية تقدِّر التعليم، ومن المؤكد أن حياته تأثرت — إيجابًا وسلبًا — بانتسابه إلى جماعة دينية لها تراث فكري وتاريخ متميز لكونهم غرباء وهائمين، وكونه يهوديًّا في ألمانيا في أوائل القرن العشرين جعله أقرب إلى الرحالة الغريب، وأصبح ذلك أيضًا جزءًا أساسيًّا من شخصيته ومن الدور الذي سيلعبه في تاريخ العالم.

ولد هيرمان Hermann والد أينشتاين عام ١٨٤٧ في قرية بدوقية سوابيا تدعى بوشاو Buchau كان مجتمعها اليهودي المزدهر قد بدأ يتمتع بحقوقه في ممارسة أي مهنة، وأظهر هيرمان «ميلًا واضحًا نحو تعلم الرياضيات»[6] واستطاعت أسرته أن ترسله إلى المدرسة الثانوية في شتوتجارت التي تبعد خمسة وسبعين ميلًا إلى الشمال، لكنهم لم يستطيعوا إرساله إلى الجامعة، وكان معظمها مغلقًا على أية حال أمام اليهود، لذا عاد إلى بوشاو للعمل بالتجارة.

وبعد بضع سنوات نزح هيرمان وأبويه إلى مدينة أولم Ulm الأكثر ازدهارًا، والواقعة على بعد خمسة وثلاثين ميلًا من بوشاو، كان ذلك جزءًا من الهجرة العامة لليهود الألمان القرويين إلى المراكز الصناعية في أواخر القرن التاسع عشر، وكانت أولم تفخر بشعارها: «أهل أولم علماء في الرياضيات»، وكأنه نبوءة.[7]

هناك اشترك هيرمان مع ابن عمه في إنشاء شركة، ويذكر ابنه أنه كان «في غاية الود والاعتدال والحكمة.»[8] كان هيرمان لين الجانب إلى درجة الخضوع، وظهر افتقاره إلى الكفاءة كرجل أعمال، فضلًا عن أنه لم يكن عمليًّا بالمرة في المسائل المالية، لكن لين جانبه جعله مناسبًا تمامًا لأن يكون رجل عائلة لطيف المعشر وزوجًا صالحًا لامرأة عنيدة قوية الإرادة. وفي سن التاسعة والعشرين تزوج بولين كوخ Pauline Koch التي تصغره بإحدى عشرة سنة.

جنى يوليوس كوخ والد بولين ثروة ضخمة من تجارة الحبوب وتوريد المواد الغذائية لبلاط فيرتمبرج Württemberg، وورثت بولين عن أبيها أسلوبه العملي،

لكنها خففت من نزعته الصارمة بخفة ظل يشوبها شيء من السخرية وضحكة يمكن أن تكون معدية وجارحة في الوقت نفسه (وهي الطباع التي أورثتها ابنها)، ويتضح من جميع الروايات أن علاقة هيرمان وبولين كانت علاقة سعيدة، إذ كانت شخصيتها القوية «تتوافق توافقًا تامًّا» مع سلبية زوجها.[9]

وُلد طفلهما الأول في الحادية عشرة والنصف صباحًا من يوم الجمعة ١٤ مارس/آذار ١٨٧٩ في مدينة أولم، التي كانت قد انضمت حديثًا مع بقية منطقة سوابيا إلى الرايخ الألماني، كان هيرمان وبولين ينويان في البداية أن يسميا ابنهما إبراهام على اسم جده لأبيه، لكنهما شعرا — كما قال أينشتاين فيما بعد — أن الاسم يبدو «يهوديًّا جدًّا»،[10] ولذا احتفظا بالحرف الأول «أ» وأسمياه ألبرت أينشتاين.

ميونخ

في عام ١٨٨٠ — بعد عام واحد فقط من ميلاد ألبرت — انهارت شركة هيرمان، وأقنعه أخوه ياكوب بالانتقال إلى ميونخ حيث كان قد افتتح هناك شركة إمداد بالغاز والكهرباء. استطاع ياكوب — أصغر الأشقاء الخمسة — أن يتلقى تعليمًا عاليًا، على خلاف هيرمان، وتخرج مهندسًا. وعندما دخلا في منافسة للحصول على عقود لتوريد المولدات والمصابيح الكهربية إلى المناطق الواقعة في جنوب ألمانيا، كان ياكوب مسئولًا عن الجانب الفني فيها، بينما كانت لدى هيرمان مهارات متواضعة في فن البيع، وربما كان الأهم — فضلًا عن ذلك — أنه قدم قروضًا حصل عليها من أقارب أسرة زوجته.[11]

أنجب هيرمان وبولين طفلهما الثاني والأخير في نوفمبر/تشرين الثاني ١٨٨١، وهي ابنة سميت ماريا Maria، لكنها ظلت طوال حياتها تدعى باسم التدليل مايا Maja، وعندما رأى ألبرت شقيقته الوليدة لأول مرة، ظن أنها لعبة رائعة سيلهو بها، وكان ينظر إليها ويصيح: «نعم ولكن أين العجلات؟»[12] ربما لم يكن سؤالًا ينم عن فطنة وذكاء، لكنه أظهر أن الصعوبات التي كان يعانيها في الكلام لم تمنعه وهو في الثالثة من إبداء بعض الملاحظات الجديرة بالذكر، وستصبح مايا توأمًا روحيًّا لأخيها وأقرب المقربين إليه على الرغم من بعض المشاجرات الطفولية.

عاشت عائلة أينشتاين في ضاحية من ضواحي ميونخ في بيت مريح تحيط به أشجار مورقة وحديقة رائعة، وكانت هذه — على الأقل خلال الجزء الأعظم من طفولة

ألبرت — حياة كريمة رغدة. كانت ميونخ تتألق بجمالها المعماري بفضل ملكها المجنون لودفيج الثاني King Ludwig II (١٨٤٥–١٨٨٦)، وكانت تتباهى بكثرة كنائسها ومعارضها الفنية وقاعات الحفلات الموسيقية التي كانت تميل إلى تقديم أعمال ريتشارد فاجنر Richard Wagner المقيم بالمدينة. وفي عام ١٨٨٢ — عقب انتقال عائلة أينشتاين — كان عدد سكان المدينة يبلغ نحو ٣٠٠٠٠٠ نسمة؛ ٨٥٪ منهم من الكاثوليك و٢٪ من اليهود، وهي المدينة التي استضافت معرض الكهرباء الألماني الأول الذي أضيئت فيه شوارع المدينة بالمصابيح الكهربية لأول مرة.

كانت الحديقة الخلفية لمنزل أينشتاين غالبًا ما ينطلق فيها أبناء العم والأطفال يمرحون ويلعبون، لكنه لم يكن يجاريهم في ألعابهم الصاخبة، وكان بدلًا من ذلك «يشغل نفسه بأشياء أكثر هدوءًا»، وأطلقت عليه إحدى المربيات لقب «الكاهن ثقيل الظل»، فقد كان يميل عادة إلى الوحدة، تلك النزعة التي ظل طوال حياته يزعم تعلقه بها، غير أنه كان لديه نوع خاص من الانعزال يخالطه حب للرفقة والصحبة الفكرية، وقد قال فيليب فرانك Philipp Frank، زميله في العلم لمدة طويلة: «كان منذ البداية ميالًا للانعزال عن أقرانه والاستغراق في أحلام اليقظة والتأمل.»[13]

كان يحب ألعاب الصور المقطعة، وصنع تركيبات معقدة بمجموعة المكعبات، واللعب بمحرك بخاري أهداه له عمه، وبناء بيوت بأوراق اللعب، ووفقًا لمايا كان أينشتاين يستطيع أن ينشئ أبنية بأوراق اللعب يصل ارتفاعها إلى أربعة عشر طابقًا، وحتى إذا تغاضينا عما قالته شقيقته الصغرى التي كانت مغرمة به، فالأرجح أن في زعمها «أن الإصرار والمثابرة كانا في ذلك الحين جزءًا من شخصيته» كثيرًا من الصحة.

كان أينشتاين يتعرض أيضًا — على الأقل في طفولته – إلى نوبات انفعالية، وتقول مايا: «في تلك اللحظات كان وجهه يصبح مصفرًّا تمامًا، وتتحول أرنبة أنفه إلى اللون الأبيض الثلجي، ويفقد السيطرة على نفسه.» وذات مرة في سن الخامسة أمسك كرسيًّا وألقى به في وجه معلمه الخاص الذي هرب ولم يعد قط، وأصبح رأس مايا هدفًا لأشياء صلبة عديدة، وكانت بعد ذلك تتندر على ذلك قائلة: «تحتاج أخت المفكر إلى جمجمة متينة.» وقد تخلص أينشتاين في النهاية من حدة انفعالاته، على عكس إصراره ومثابرته اللذين لم يفارقاه.[14]

وبلغة الأطباء النفسيين نقول إن القدرة العقلية لأينشتاين على التنظيم المنهجي (التعرف على القوانين التي تحكم نظامًا) أكبر بكثير من قدرته على التعاطف (الشعور

بما يشعر به الآخرون والاهتمام به)، وهو ما جعل البعض يتساءلون إن كانت قد ظهرت عليه بعض أعراض اضطرابات النمو.[15] ومع ذلك فمن المهم أن نذكر أنه على الرغم من انعزاله وأسلوبه المتمرد أحيانًا، فقد كانت لديه القدرة على تكوين صداقات حميمة، وعلى التعاطف سواء مع رفاقه أو مع الإنسانية بوجه عام.

عادة ما تضيع من الذاكرة لحظات الوعي الأول التي تحدث في فترة الطفولة، لكن أينشتاين تعرض لتجربة عندما كان في الرابعة أو الخامسة غيرت حياته وانطبعت إلى الأبد في ذهنه وفي ذاكرة العلم.

فذات يوم كان مريضًا، وأحضر له والده بوصلة، وذكر فيما بعد أنه كان في غاية السعادة وهو يستكشف قدراتها الغامضة، لدرجة أنه أخذ يرتجف وأصابته قشعريرة، فالإبرة المغناطيسية كانت تتحرك كما لو كانت تحت تأثير مجال قوة خفي، بدلًا من أن تتحرك بالطرق الميكانيكية المألوفة التي تحتاج إلى اللمس، وقد خلق ذلك لديه إحساسًا بالدهشة ظل يحفزه طوال حياته، وقد كتب في واحدة من المناسبات العديدة التي حكى فيها عن هذه التجربة: «لا أزال أستطيع أن أتذكر — أو على الأقل أعتقد أنني أستطيع أن أتذكر — أن هذه التجربة أحدثت في نفسي أثرًا عميقًا ودائمًا. لا بد أن هناك شيئًا خفيًّا يحكم الأحداث.»[16]

ويذكر دينيس أوفرباي Dennis Overbye في كتابه Einstein in Love: «إنها قصة رمزية؛ الطفل الصغير يرتعد أمام النظام الخفي الكامن وراء الواقع الذي تسوده الفوضى.» وقد وردت هذه القصة في فيلم IQ عندما ظهر والتر ماثيو Walter Matthau الذي لعب دور أينشتاين وهو يعلق البوصلة حول عنقه، كما أن هذه القصة هي محور كتاب الأطفال Rescuing Albert's Compass للمؤلف شولاميث أوبنهايم Shulamith Oppenheim الذي سمع والد زوجته القصة من أينشتاين عام ١٩١١.[17]

وبعد أن أثار ذهوله تأثر إبرة البوصلة بمجال غير مرئي، فإن أينشتاين سيظهر حبًّا شديدًا طوال عمره لنظريات المجال كطريقة لوصف الطبيعة. تستخدم نظريات المجال كميات رياضية، مثل الأعداد أو المتجهات، أو كميات ممتدة، لتصف كيف تؤثر الظروف في أية نقطة في الفضاء على المادة أو على مجال آخر. وعلى سبيل المثال، ففي أي مجال جاذبية أو مجال كهرومغناطيسي، يمكن أن تؤثر القوى على جسيم ما في أي نقطة، وتصف معادلات نظرية المجال كيف تتغير هذه القوى عندما

يتحرك الجسيم في المجال. وتبدأ الفقرة الأولى من بحثه العظيم الذي نشر عام ١٩٠٥ عن النسبية الخاصة بدراسة تأثير المجالات الكهربية والمغناطيسية؛ وتقوم نظريته النسبية العامة على معادلات تصف مجال الجاذبية. وفي الأيام الأخيرة من حياته كان يخط بيده بمثابرة وعزم معادلات مجال أخرى على أمل أن تكون أساسًا لنظرية شاملة، وكما أشار مؤرخ العلوم جيرالد هولتون Gerald Holton، كان أينشتاين يرى «أن المفهوم التقليدي للمجال هو الإسهام الأعظم في الروح العلمية.»[18]

وقد أعطته أمه أيضًا — وهي عازفة بيانو بارعة — هدية في تلك الفترة نفسها تقريبًا؛ هدية ستبقى معه بالمثل طوال حياته، فقد رتبت له ليتلقى دروسًا في العزف على الكمان، وفي البداية، كان متململًا من النظام الميكانيكي للآلة، لكنه بعد أن استمع إلى سوناتات موتسارت أصبحت الموسيقى بالنسبة له ساحرة ومحببة. وقال: «أعتقد أن الحب معلم أفضل من الشعور بالواجب، على الأقل بالنسبة لي.»[19]

وسرعان ما كان يعزف ثنائيات موتسارت بمصاحبة أمه على البيانو، وقال لصديق له فيما بعد: «إن موسيقى موتسارت نقية وجميلة لدرجة أنني أراها انعكاسًا للجمال الكامن في الكون ذاته»، ثم أضاف تعليقًا أظهر وجهة نظره في الرياضيات والفيزياء وفي موتسارت فقال: «بالطبع كانت موسيقاه في غاية البساطة، شأنها شأن كل الأعمال العظيمة.»[20]

لم تكن الموسيقى بالنسبة له مجرد تسلية، بل كانت — على العكس من ذلك — تساعده على التفكير، وقال ابنه هانز ألبرت: «كان كلما بلغ به الإرهاق مبلغه أو واجه تحديًا صعبًا في عمله، لجأ إلى الموسيقى، وكان هذا يحل جميع صعوباته»، وهكذا ظهرت أهمية الكمان خلال السنوات التي عاشها وحيدًا في برلين يناضل مع النسبية العامة، وقال أحد أصدقائه: «كان كثيرًا ما يعزف الكمان في مطبخه في وقت متأخر من الليل، ويرتجل الألحان وهو يمعن فكره في مسائل معقدة، ثم فجأة في وسط العزف يصيح وهو في غاية النشوة والإثارة: وجدتها!، كما لو كان حل المسألة قد جاءه وحيًا أثناء عزفه.»[21]

ربما كان تقديره للموسيقى — وخاصة موسيقى موتسارت — يعكس شعوره بتناسق الكون. وكما قال ألكساندر موزكاوسكي Alexander Moszkowski الذي كتب سيرة أينشتاين عام ١٩٢٠ بناء على حوارات أجراها معه: «لقد امتزجت الموسيقى والطبيعة والخالق في نفسه في مركب شعوري؛ وحدة أخلاقية لم ينمح أثرها أبدًا.»[22]

وسيظل ألبرت أينشتاين طوال حياته محتفظًا بمشاعر الطفل وانبهاره، فلم يفقد قط شعوره بالاندهاش من سحر ظواهر الطبيعة — المجالات المغناطيسية والجاذبية والقصور الذاتي والتسارع وأشعة الضوء — التي يراها البالغون أمورًا مبتذلة، وقد ظل محتفظًا بالقدرة على الاحتفاظ بفكرتين في ذهنه في آن واحد، وكانت تصيبه الحيرة عندما تتضاربان، ويتعجب عندما يستشعر تناغمًا كامنًا. وقد كتب إلى أحد أصدقائه في مرحلة متأخرة من حياته: «إن أشخاصًا مثلك ومثلي لا يشيخون أبدًا، فسوف نظل مثل أطفال يتملكهم الفضول أمام الغموض العظيم الذي ولدنا فيه.»[23]

المدرسة

كان أينشتاين في سنواته الأخيرة يردد مزحة قديمة عن عم يعتنق مذهب اللاأدرية، وكان الوحيد في أسرته الذي يذهب إلى المعبد اليهودي، وعندما يسأله أحدهم عن سبب ذهابه إلى المعبد، يجيب العم: «عجبًا، من يدري.» وكان والدا أينشتاين من ناحية أخرى «غير متدينين بالمرة»، ولم يشعرا بضرورة تغيير أسلوب حياتهم، فلم يلتزما بتعاليم اليهودية في الطعام ولم يكونا يذهبان إلى المعبد اليهودي، وكان والده يرى أن الطقوس اليهودية «خرافات عفا عليها الزمن.»[24]

ومن ثم عندما بلغ ألبرت السادسة، وكان عليه أن يلتحق بالمدرسة، لم يكترث والداه لعدم وجود مدرسة يهودية بالقرب من بيتهم، والتحق بدلًا من ذلك بمدرسة كاثوليكية كبيرة في منطقتهم هي مدرسة بيترسكول Petersschule، ولما كان أينشتاين التلميذ اليهودي الوحيد من بين سبعين تلميذًا في فصله، فقد درس المنهج المقرر في المذهب الكاثوليكي، لكنه استمتع به كثيرًا، بل تفوق فيه تفوقًا كبيرًا حتى إنه كان يساعد زملاءه في دراساتهم الكاثوليكية.[25]

وذات يوم أحضر المعلم مسمارًا كبيرًا في الفصل، وقال: «كانت المسامير التي صُلب بها يسوع تشبه هذا.»[26] غير أن أينشتاين قال فيما بعد إنه لم يشعر بتمييز من المعلمين، وكتب يقول: «كان المعلمون ليبراليين، ولم يكن هناك تمييز طائفي»، لكن أقرانه من التلاميذ كان لهم شأن آخر، فقد قال أينشتاين: «كانت معاداة السامية منتشرة بين الأطفال في المدرسة الابتدائية.»

كان التلاميذ يتهكمون عليه أثناء ذهابه وإيابه إلى المدرسة على أساس «صفات عرقية كان من الغريب أن يعيها الأطفال»، وزاد ذلك من إحساسه بالغربة، وهو

شعور سيظل ملازمًا له طيلة حياته. «كانت الاعتداءات الجسدية والإهانات في طريق العودة من المدرسة تتكرر كثيرًا، ومع أنها لم تكن شديدة القسوة في معظم الأحيان، فقد كانت كافية لكي تغرس — حتى في طفل — إحساسًا دائمًا بالغربة.»[27]

انتقل أينشتاين في التاسعة من عمره إلى مدرسة ثانوية بالقرب من وسط مدينة ميونخ تدعى مدرسة ليوتبولد الثانوية Luitpold Gymnasium، وكانت تعرف بأنها مؤسسة تعليمية تهتم بالرياضيات والعلوم بالإضافة إلى اللغتين اللاتينية واليونانية، وقد وفرت المدرسة فضلًا عن ذلك معلمًا لتدريس المواد الدينية له ولغيره من اليهود.

وعلى الرغم من علمانية والديه — أو ربما بسببها — فقد أظهر أينشتاين حماسًا شديدًا لليهودية، وقالت شقيقته: «كان حماسه ملتهبًا حتى إنه كان يلتزم وحده بأدق تفاصيل التعاليم الدينية اليهودية»، فلم يكن يأكل لحم الخنزير، وكان يلتزم بالتعاليم اليهودية المتعلقة بالطعام، ويتقيد بمحظورات يوم السبت، وكلها أمور يصعب القيام بها عندما يقف بقية أفراد الأسرة منها موقف اللامبالاة التي تصل إلى درجة الازدراء، وقد ألف أينشتاين أيضًا ترانيم لتسبيح الخالق، وكان يرتلها في نفسه في طريق عودته من المدرسة.[28]

أحد المعتقدات الشائعة عن أينشتاين أنه رسب في الرياضيات عندما كان طالبًا، وهي رواية تزعمها أعداد كبيرة من الكتب وآلاف من المواقع على شبكة الإنترنت، وكثيرًا ما يتبعونها بعبارة: «كما يعرف الجميع»، وهي كتب ومواقع يقصد منها طمأنة الطلاب الذين لا يحرزون نجاحًا، وقد وجدت هذه الشائعة طريقها أيضًا إلى العمود الصحفي الشهير "Ripley’s Believe It or Not!".

إن طفولة أينشتاين تقدم للتاريخ كثيرًا من المفارقات الطريفة، لكن هذه للأسف ليست واحدة منها؛ ففي عام ١٩٣٥ عرض عليه حاخام يهودي في برينستون مقتطفات من عمود ريبلي Ripley بعنوان: «أعظم الرياضيين يرسب في الرياضيات»، فضحك أينشتاين ورد مصححًا: «لم أرسب قط في الرياضيات، وقد أتقنت حساب التفاضل والتكامل قبل أن أبلغ الخامسة عشرة.»[29]

الواقع أنه كان طالبًا رائعًا، على الأقل من الناحية الفكرية، وفي المدرسة الابتدائية كان الأول على فصله، وقالت أمه لعمته عندما كان في السابعة: «بالأمس حصل أينشتاين على درجاته، وجاء ترتيبه الأول مرة أخرى»، وفي المدرسة الثانوية كان يكره تعلم اللغات مثل اللاتينية واليونانية عن طريق الوسائل النمطية، وتفاقمت

المشكلة بسبب «ضعف ذاكرته للكلمات والنصوص»، لكن حتى في هذه المقررات كان أينشتاين يحصل دائمًا على أعلى الدرجات، وبعد سنوات عندما كان أينشتاين يحتفل بعيد ميلاده الخمسين، وكانت هناك قصص حول إخفاق العبقري العظيم في المدرسة الثانوية، حرص مدير المدرسة آنذاك على نشر خطاب يكشف عن ارتفاع الدرجات التي كان يحصل عليها.[30]

وفي الرياضيات، كان أينشتاين أبعد ما يكون عن الفشل، بل كان «يفوق متطلبات المدرسة بكثير»، وتتذكر شقيقته أنه عندما بلغ الثانية عشرة «كان لديه بالفعل ميل لحل المسائل المعقدة في علم الحساب التطبيقي»، وقرر أن يرى إن كان بإمكانه أن يحقق سبقًا ويتعلم بنفسه الهندسة والجبر، وقد أحضر له والداه الكتب المدرسية مقدمًا بحيث يستطيع التمكن منها خلال الإجازة الصيفية، ولم يتعلم أينشتاين البراهين الموجودة في الكتب فحسب، بل حاول أيضًا أن يثبت النظريات الجديدة بنفسه، وتقول شقيقته: «كان ينسى اللعب ورفاق اللعب، ويجلس بمفرده أيامًا متصلة منهمكًا في البحث عن حل، ولا يهدأ له بال حتى يجده.»[31]

أدخله عمه المهندس ياكوب أينشتاين إلى عالم الجبر البهيج، وقال له: «إنه علم ممتع، عندما لا نستطيع اصطياد الحيوان الذي نطارده، نرمز إليه مؤقتًا بالرمز (س) ونستمر في مطاردته إلى أن نوقع به.» وتتذكر مايا أنه أخذ يقدم للصبي اختبارات أكثر صعوبة «وهو يتشكك في قدرته على حلها»، وعندما انتصر أينشتاين — كما كان ينتصر دومًا — كانت «تغمره سعادة كبيرة، وكان يدرك عندئذ الاتجاه الذي تقوده إليه مواهبه.»

من بين المفاهيم التي تعلمها من عمه ياكوب نظرية فيثاغورس (مربع طول الوتر يساوي مجموع مربعي ضلعي الزاوية القائمة)، ويقول أينشتاين: «نجحت بعد جهد كبير في إثبات هذه النظرية باستخدام تشابه المثلثات»، وأكرر أنه كان يفكر بالصور، «بدا لي واضحًا أننا نستطيع تحديد العلاقات بين أضلاع المثلث قائم الزاوية بالكامل باستخدام إحدى زاويتيه الحادتين.»[32]

وصفت مايا — بفخر الأخت الصغرى — إثبات أينشتاين لنظرية فيثاغورس بأنه «إثبات جديد مبتكر تمامًا»، ربما كانت طريقة أينشتاين جديدة، إلا أنه من الصعب أن نتخيل أنها كانت مبتكرة تمامًا، فقد كانت بالتأكيد مشابهة للطرق المعتادة القائمة على تناسب أضلاع المثلثات المتشابهة، غير أنها أظهرت مفهوم أينشتاين

الشاب أنه يمكن الخروج بنظريات رياضية رائعة من مسلمات بسيطة، وأكدت أن رسوبه في الرياضيات لم يكن واردًا، وبعد ذلك بسنوات قال أينشتاين في حوار مع صحفي في صحيفة مدرسية في برينستون: «عندما كنت صبيًّا في الثانية عشرة، كنت أهتز فرحًا حينما أرى أن من الممكن اكتشاف الحقائق بالاستدلال المنطقي وحده، دون الحاجة إلى تجارب خارجية، وقد أصبحت أكثر اقتناعًا بأنه يمكن فهم الطبيعة على أنها صيغة رياضية بسيطة نسبيًّا.»[33]

جاء الحافز الفكري الأكبر لأينشتاين من طالب طب فقير اعتاد تناول الطعام مع أسرته مرة كل أسبوع، كانت دعوة عالم فقير من علماء الدين على غداء يوم السبت عادة يهودية قديمة، وقد غير آل أينشتاين هذه العادة باستضافة طالب طب أيام الخميس، كان اسمه ماكس تلمود Max Talmud (غيَّره بعد ذلك إلى تالمي Talmey عندما هاجر إلى الولايات المتحدة)، وقد بدأت زياراته الأسبوعية عندما كان في الحادية والعشرين، وكان أينشتاين في العاشرة، ويقول تلمود: «كان صبيًّا رائعًا أسود الشعر، ولم أره طوال تلك السنوات يقرأ الكتابات السطحية، ولم أره قط بصحبة زملائه في المدرسة أو غيرهم من الصبية في نفس مرحلته العمرية.»[34]

أحضر له تلمود كتبًا علمية، منها سلسلة مصورة واسعة الانتشار تسمى People’s Books on Natural Science، ويقول أينشتاين: «قرأت تلك السلسلة باهتمام بالغ»، كانت السلسلة تقع في واحد وعشرين كتابًا كتبها آرون بيرنشتاين Aaron Bernstein، وأكد فيها على العلاقات المتبادلة بين علمي الأحياء والفيزياء، وتحدث بإسهاب عن التجارب العلمية التي كانت تجرى في ذلك الوقت، لاسيما في ألمانيا.[35]

في القسم الافتتاحي بالكتاب الأول تناول بيرنشتاين سرعة الضوء، ذلك الموضوع الذي كان يستهويه بوضوح، وقد عاد إليه مرات كثيرة في كتبه اللاحقة، بما في ذلك إحدى عشرة مقالة عن الموضوع في الكتاب الثامن، ويبدو — بالنظر إلى التجارب الفكرية التي استخدمها أينشتاين فيما بعد في وضع نظرية النسبية — أن كتب بيرنشتاين كان لها أثر كبير.

على سبيل المثال، طلب بيرنشتاين من القراء أن يتخيلوا أنهم يستقلون قطارًا يسير بسرعة كبيرة، فلو أن رصاصة أطلقت عبر النافذة، لظهرت وكأنها قد أطلقت بزاوية،

لأن القطار سيتحرك بين اللحظة التي تخترق فيها الرصاصة إحدى النوافذ ولحظة خروجها من النافذة من الجانب الآخر، وبالمثل فبسبب سرعة الأرض خلال الفضاء، فلا بد أن نفس الشيء ينطبق على الضوء الذي يمر عبر التليسكوب، وقال بيرنشتاين إن المدهش هو أن التجارب أظهرت نفس التأثير مهما كانت السرعة التي يتحرك بها مصدر الضوء، وفي عبارة يبدو أنها أحدثت أثرًا عميقًا في أينشتاين — بسبب علاقتها بما توصل إليه فيما بعد — قال بيرنشتاين: «لما كانت كل أنواع الضوء تتحرك بنفس السرعة تمامًا، فيمكن أن نطلق على قانون سرعة الضوء القانون الأعم من بين جميع قوانين الطبيعة.»

وفي كتاب آخر أخذ بيرنشتاين قراءه الشباب في رحلة خيالية في الفضاء، وكانت وسيلة الانتقال موجة كهربية، فقد كانت كتبه تهتم بالعجائب الممتعة للبحث العلمي، وتحوي فقرات مستفيضة مثل الفقرة التي كتبها عن التنبؤ الناجح بالكوكب الجديد أورانوس، وجاء فيها: «ليبارك الله هذا العلم! وليبارك الرجال الذين صنعوه! وليبارك عقل الإنسان الذي يرى ما لا تراه عينا الإنسان.»[36]

كان بيرنشتاين — كما سيصبح أينشتاين فيما بعد — متحمسًا للربط بين جميع قوى الطبيعة، وعلى سبيل المثال بعد أن تحدث عن أن جميع الظواهر الكهرومغناطيسية مثل الضوء يمكن اعتبارها موجات، افترض أن نفس الشيء يمكن أن ينطبق على الجاذبية. وكتب بيرنشتاين إن الوحدة والبساطة هي الأساس الذي تقوم عليه كل المفاهيم التي نطبقها بتصوراتنا، والحقيقة العلمية هي اكتشاف النظريات التي تصف هذه الحقيقة الأساسية، وتذكر أينشتاين فيما بعد الإلهام والوعي الحقيقي الذي غرسته فيه هذه الكتابات، فقال: «في الخارج هناك ذلك العالم الضخم الذي له وجود مستقل عنا نحن البشر، والذي يقف أمامنا كلغز عظيم أبدي.»[37]

وعندما التقى أينشتاين وتلمود بعد سنوات في نيويورك خلال زيارة أينشتاين الأولى لها، سأله تلمود عن رأيه في كتابات بيرنشتاين، فقال: «كتاب رائع حقًّا، لقد أحدث أثرًا كبيرًا في تطوري بالكامل.»[38]

ساعد تلمود أينشتاين على الاستمرار في استكشاف عجائب الرياضيات بأن أهداه كتابًا دراسيًّا في الهندسة قبل أن يدرسها كمقرر دراسي بعامين، وقد أطلق عليه أينشتاين فيما بعد «كتاب الهندسة الصغير المقدس»، وكان يتحدث عنه بانبهار قائلًا: «كانت هنا أقوال جازمة، مثل تقاطع ارتفاعات المثلث في نقطة واحدة، التي

يمكن إثباتها بيقين لا تشوبه شائبة من الشك، مع أنها ليست واضحة على الإطلاق، وقد أحدث هذا الوضوح واليقين في نفسي أثرًا لا أستطيع التعبير عنه بالكلمات.» وبعد سنوات في محاضرة بجامعة أكسفورد قال أينشتاين: «إذا لم يشعل إقليدس حماسك في شبابك، فاعلم أنك لم تولد لكي تصبح مفكرًا علميًّا.»[39]

وعندما كان تلمود يأتي كل خميس، كان أينشتاين يسر بإطلاعه على المسائل التي نجح في حلها خلال الأسبوع، وكان تلمود يستطيع مساعدته في البداية، لكن سرعان ما تفوق تلميذه عليه، ويقول تلمود: «بعد فترة قصيرة — بضعة أشهر — كان قد فرغ من الكتاب كله، ومن ثم تفرغ لدراسة الرياضيات المتقدمة ... وسرعان ما انطلقت عبقريته الرياضية فلم أعد أستطيع أن ألاحقها.»[40]

ولذا تحول طالب الطب المنبهر إلى إطلاع أينشتاين على علم الفلسفة، وقال عن ذلك: «رشحت له الفيلسوف الفرنسي كانط Kant، ومع أنه كان في ذلك الوقت لا يزال طفلًا في الثالثة عشرة من عمره، فيبدو أن أعمال كانط — التي لا يفهمها البشر العاديون — كانت واضحة له.» أصبح كانط الفيلسوف المفضل لأينشتاين فترة من الزمن، وقاده كتابه Critique of Pure Reason آخر الأمر إلى التبحر في أعمال ديفيد هيوم David Hume وإرنست ماخ Ernst Mach، والتعمق في قضية ما يمكن معرفته عن الواقع.

وقد أحدث تعرض أينشتاين للعلم رد فعل مفاجئ ضد الدين في سن الثانية عشرة، في الوقت الذي كان من المفترض أن يستعد فيه للاحتفال بوصوله سن التكليف (سن الثالثة عشرة في الديانة اليهودية). كان بيرنشتاين يحرص في كتبه العلمية واسعة الانتشار على المواءمة بين العلم والدين، وقد قال ذات مرة: «تكمن النزعة الدينية في الشعور الخفي في وجدان كل البشر بأن هذا الكون — بما فيه من بشر — لم يخلق عبثًا بحال من الأحوال، بل هو عمل منظم، وأن هناك علة أساسية لهذا الوجود.»

سيقترب أينشتاين فيما بعد من اعتناق هذه الآراء، لكن وثبته بعيدًا عن الإيمان في ذلك الوقت كانت وثبة واسعة، «سرعان ما توصلتُ — من خلال قراءة كتب العلوم المبسطة — إلى يقين بأن أجزاء كثيرة من قصص الكتاب المقدس لا يمكن أن تكون حقيقية، وكانت النتيجة حماسًا جنونيًّا للفكر الحر، مقترنًا بالشعور بأن الدولة تتعمد خداع الشباب بالأكاذيب، وكان شعورًا طاغيًا.»[41]

من ثم تجنب أينشتاين الطقوس الدينية بقية حياته، وقال صديقه فيليب فرانك فيما بعد: «أصبح أينشتاين يمقت الممارسة التقليدية لليهودية، أو أي دين من الأديان السائدة، وصار ينفر من حضور الصلاة في المعبد، وهو نفور لم يتخلص منه قط»، ومع ذلك فقد احتفظ من مرحلة طفولته الدينية باحترام عميق لاتساق وجمال ما أسماه بعقل الخالق، الذي تجلى في خلق الكون ونواميس الطبيعة.[42]

كان لتمرد أينشتاين على العقيدة الدينية أثر عميق في نظرته العامة تجاه الآراء والأفكار السائدة، فقد رسخ بداخله نفورًا من جميع صور العقيدة والسلطة، وهو ما ألقى بظلاله على علمه وآرائه السياسية، وقال فيما بعد: «بذرت هذه التجربة في نفسي بذور الشك في كل صور السلطة، وهو موقف لم أتزحزح عنه قط.» والواقع أن ميله إلى الخروج عن المألوف هو الذي سيرسم ملامح علمه وفكره الاجتماعي بقية حياته.

وسوف ينجح فيما بعد أن يفرض هذا العناد بكياسة كانت عادة محبوبة ما أن أصبح عبقريًّا، لكنه لم يكن يحسن ذلك عندما كان طالبًا وقحًا في المدرسة الثانوية بميونخ. وتقول شقيقته: «لم يكن يشعر بالراحة في المدرسة»، فقد وجد أن أسلوب التدريس — التدريبات الروتينية، ومقابلة الأسئلة بالتذمر — منفر، «وكان يمقت على وجه الخصوص المناخ العسكري السائد في المدرسة، وترويض التلاميذ على تقديس السلطة الذي كان يقصد به تعويدهم في سن مبكرة على الانضباط العسكري.»[43]

وحتى ميونخ، التي أوجدت بها الروح البافارية أسلوب حياة أقل تشددًا، سيطر عليها هذا التمجيد البروسي للعسكرية، وكان كثير من الأطفال يحبون التظاهر بأنهم جنود، وعندما تأتي القوات تصحبها المزامير والطبول، كان الأطفال يهرعون إلى الشوارع للانضمام إلى الموكب والسير في مشية عسكرية، ولم يكن أينشتاين يفعل مثلهم، وقد بكى عندما شاهد هذا العرض ذات يوم وقال لوالديه: «عندما أكبر لا أريد أن أكون واحدًا من هؤلاء التعساء»، وفسر أينشتاين الأمر فيما بعد فقال: «عندما يجد شخص متعة في السير بخطوة منتظمة مع الموسيقى، فإن هذا كاف ليسقط من عيني، فقد أُعطِي عقلًا كبيرًا بطريق الخطأ ليس إلا.»[44]

كان رفضه لجميع أنواع النظم الصارمة سببًا في تبرمه من دراسته بالمدرسة الثانوية بميونخ، وقد اشتكى من التعليم الآلي هناك، وقال إنه «أقرب إلى طرق الجيش، حيث يتحقق النظام الميكانيكي بالتنفيذ المتكرر لأوامر عديمة المعنى.» وفيما بعد كان

يشبه مدرسيه بأفراد الجيش، وقال: «كنت أرى المعلمين في المدرسة الابتدائية وكأنهم رقباء يتولون التدريب في الجيش، والمعلمين في المدرسة الثانوية وكأنهم ملازمون في الجيش.»

ذات مرة سأل أينشتاين الكاتب والعالم البريطاني سي بي سنو C. P. Snow إن كان يعرف كلمة Zwang الألمانية، فأجاب سنو بأنه يعرفها، وأن معناها الإجبار أو الإلزام أو الإكراه، وسأله عن سبب سؤاله، فأجاب أينشتاين أنه قام بأول إضراب ضد Zwang في مدرسته بميونخ، وقد ساعد هذا الموقف في تحديد ملامح شخصيته منذ ذلك الحين.[45]

أصبح الشك ومعارضة الآراء والأفكار السائدة سمة مميزة في حياته، وقال في خطاب لصديق يعتبره بمنزلة الأب عام ١٩٠١: «إن الإيمان الأحمق بالسلطة هو ألد أعداء الحقيقة.»[46]

وطوال حياته العلمية التي امتدت ستة عقود — سواء أثناء تزعمه لثورة الكم أو أثناء معارضته لها فيما بعد — ساعد هذا الموقف في رسم ملامح عمل أينشتاين، وقد قال بانيش هوفمان الذي كان يعاون أينشتاين في سنواته الأخيرة: «إن شكه المبكر في السلطة — الذي لم يتخلص منه تمامًا قط — كان له أثر حاسم، فما كان سيكتسب بدونه استقلالية عقله القوية التي منحته الشجاعة لتحدي معتقدات علمية راسخة، وإحداث ثورة في علم الفيزياء.»[47]

هذا الاحتقار للسلطة لم يحببه إلى معلميه الألمان بالمدرسة، ونتيجة لذلك أعلن أحد مدرسيه أن وقاحته جعلته شخصًا غير مرغوب فيه في الفصل، وعندما أصر أينشتاين على أنه لم يرتكب أية مخالفة، رد المعلم: «نعم، هذا حقيقي، لكنك تجلس في الصف الأخير وتبتسم، ومجرد وجودك هنا يفسد احترام الفصل لي.»[48]

تصاعد توتر أينشتاين إلى درجة الاكتئاب — بل ربما دنا من درجة الانهيار العصبي — عندما انهارت تجارة أبيه فجأة، وكان الانهيار حادًّا. كانت شركة الأخوين أينشتاين تحقق نجاحًا خلال معظم سنوات دراسة أينشتاين، وفي عام ١٨٨٥ كان بها مائتا موظف، ووفرت أول مصابيح كهربية لمهرجان أوكتوبيرفيست Oktoberfest بميونخ، وخلال السنوات القليلة التالية فازت بعقد توصيل الكهرباء لمنطقة شوابينج — وهي ضاحية من ضواحي ميونخ يبلغ عدد سكانها عشرة آلاف نسمة — باستخدام محركات تعمل بالغاز لتشغيل مولدين صممهما الأخوان

أينشتاين، وفاز ياكوب أينشتاين بست براءات اختراع لتطوير المصابيح القوسية، والقواطع الآلية للدوائر الكهربية، والعدادات الكهربية. كانت الشركة مهيأة تمامًا لمنافسة شركة سيمنز وغيرها من شركات الطاقة، ولجمع رأس المال رهن الأخوان أينشتاين منزليهما، واقترضا أكثر من ٦٠٠٠٠ مارك بفائدة ١٠٪، وغرقا في الدين.[49]

ولكن عام ١٨٩٤ — عندما كان أينشتاين في الخامسة عشرة — أفلست الشركة بعد أن خسرت مسابقات لإنارة الجزء المركزي من ميونخ ومواقع أخرى، وانتقل والداه وشقيقته مع العم ياكوب إلى شمال إيطاليا — إلى ميلانو أولًا ثم إلى مدينة بافيا القريبة منها — حيث اعتقد الشركاء الإيطاليون أنها ستكون أرضًا خصبة لشركة صغيرة، وقد هدم مقاول بيتهم الأنيق لإنشاء عمارة سكنية. بقي أينشتاين في ميونخ في منزل أحد الأقارب لكي يكمل السنوات الثلاث الأخيرة في المدرسة.

ولم يكن من الواضح تمامًا إذا كان أينشتاين في هذا الخريف الحزين لعام ١٨٩٤ قد أُجبر بالفعل على مغادرة المدرسة الثانوية بليوتبولد، أم جرى تشجيعه بأدب على مغادرتها، وذكر بعد سنوات أن المعلم الذي قال: «إن وجوده يفسد احترام الفصل لي» قد تمادى «فأعرب عن رغبته في أن أترك المدرسة»، وجاء في كتاب مبكر كتبه أحد أفراد أسرته أنه كان قراره الشخصي، «زاد عزم ألبرت على عدم البقاء في ميونخ، وقد وضع خطة لذلك.»

تضمنت الخطة الحصول على خطاب من طبيب العائلة — الأخ الأكبر لماكس تلمود — يثبت أنه يعاني إجهادًا عصبيًّا، وقد استغل هذا الخطاب لتبرير مغادرته المدرسة في إجازة عيد الميلاد عام ١٨٩٤ وعدم العودة، وبدلًا من ذلك استقل قطارًا عبر جبال الألب متوجهًا إلى إيطاليا وأبلغ والديه «القلقين» أنه لن يعود قط إلى ألمانيا، ووعدهما بأنه سوف يدرس بمفرده، ويحاول الالتحاق بكلية فنية في زيورخ في الخريف التالي.

ربما كان هناك عامل آخر أثر في قراره بمغادرة ألمانيا، فلو أنه ظل هناك حتى يبلغ السابعة عشرة — بعد أكثر بقليل من عام واحد — لطُلب منه الالتحاق بالجيش، وهو أمر قالت شقيقته إنه «كان يثير ذعره»، لذا فبالإضافة إلى إعلانه عدم العودة إلى ميونخ، فإنه سرعان ما طلب مساعدة أبيه في التخلي عن جنسيته الألمانية.[50]

أرو

قضى أينشتاين ربيع وصيف عام ١٨٩٥ مقيمًا مع والديه بشقتهما في بافيا، وكان يساعد في العمل في شركة العائلة، واستطاع في تلك الأثناء أن يفهم جيدًا فكرة عمل المغناطيسات والملفات والكهرباء المولدة، وقد أثار عمل أينشتاين إعجاب عائلته، فذات مرة كان عمه ياكوب يواجه مشكلات في العمليات الحسابية لماكينة جديدة، لذلك بدأ أينشتاين العمل عليها، وقال ياكوب لأحد أصدقائه: «بعد أن أجهدت ذهني أنا والمهندس المساعد طوال أيام، حل هذا الفتى الصغير المشكلة في خمس عشرة دقيقة فقط، سوف تسمع عنه خيرًا ذات يوم.»[51]

وبسبب حبه للعزلة في الجبال، كان أينشتاين يسير أيامًا في جبال الألب وجبال الأبنين، وقطع ذات مرة رحلة من بافيا إلى جنوة لرؤية خاله يوليوس كوخ، وأينما سافر في شمال إيطاليا، كان يسر بمشاعر الود والرقة لدى الناس، وهي مشاعر لم يكن يتسم بها الشعب الألماني، فقد كانت «بساطة» الإيطاليين تتناقض مع «الآليين الألمان الذين انكسرت أرواحهم.»

كان أينشتاين قد وعد أسرته بأنه سيدرس وحده من أجل الالتحاق بمعهد فني محلي، هو معهد زيورخ الفني Zurich Polytechnic،[١] لذلك اشترى كتب جول فيول Jules Violle الثلاثة في الفيزياء المتقدمة، ودون أفكارًا غزيرة في الهوامش، وتتذكر شقيقته أن عاداته في العمل أظهرت قدرته على التركيز، وتقول: «حتى في وجود مجموعة كبيرة صاخبة، كان ينسحب بنفسه إلى الأريكة، ويأخذ قلمًا وأوراقًا في يده ويضع المحبرة بصورة غير مأمونة على مسند ذراع الكرسي، وينغمس بشكل كامل في حل المسألة، لدرجة أن الضجيج الحادث من جميع الأصوات من حوله كان يحفزه بدلًا من أن يزعجه.»[52]

في ذلك الصيف — وهو في سن السادسة عشرة — كتب مقالته الأولى في الفيزياء النظرية تحت عنوان: «بحث حالة الأثير في مجال مغناطيسي»، وكان الموضوع مهمًّا لأن فكرة الأثير سوف تلعب دورًا أساسيًّا في حياة أينشتاين العملية. كان العلماء في

[١] كان الاسم الرسمي للمعهد هو Eidgnössische Polytechnische Schule، وفي عام ١٩١١ حصل على حق منح درجات الدكتوراه وتغير الاسم إلى Eidgenössische Technische Hochschule أو المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا، ويشار إليه بالحروف الأولى ETH، وأطلق عليه أينشتاين في ذلك الحين وفيما بعد Züricher Polytechnikum، أو معهد زيورخ الفني.

ذلك الوقت مقتنعين بأن الضوء ما هو إلا موجة، ولذلك افترضوا أن الكون لا بد أن يحتوي على مادة غير مرئية منتشرة في كل مكان تُحدِث التموجات، وبذلك تنتشر الموجات، مثلما أن الماء وسط يتموج لأعلى ولأسفل وينشر بذلك الموجات في المحيط، وأطلقوا على هذه المادة اسم الأثير، وكان أينشتاين (على الأقل في ذلك الوقت) متفقًا معهم في هذه الفرضية، فقد جاء في مقالته: «إن التيار الكهربي يحدث في الأثير المحيط نوعًا من الحركة اللحظية.»

كان البحث الذي قدمه مكونًا من أربع عشرة فقرة ومكتوبًا بخط اليد، وكان يردد صدى كتاب فيول بالإضافة إلى بعض المقالات المنشورة في مجلات تبسيط العلوم حول اكتشافات هنريخ هيرتز Heinrich Hertz في الموجات الكهرومغناطيسية، وفي هذا البحث طرح أينشتاين أفكارًا لتجارب يمكن أن تفسر «المجال المغناطيسي الناشئ حول تيار كهربي»، ورأى أن هذا سيكون مفيدًا «لأن استكشاف مرونة الأثير في هذه الحالة سوف يتيح لنا إلقاء نظرة على الطبيعة الغامضة للتيار الكهربي.»

اعترف الطالب الذي لم يتم دراسته الثانوية صراحة بأنه كان يقدم بضعة اقتراحات فقط دون أن يعرف إلى أين ستقود، وكتب عن ذلك: «لما كانت تنقصني المواد اللازمة للتعمق في بحث الموضوع إلى درجة أبعد من مجرد التأمل، فأرجوكم ألا تفسروا هذا على أنه علامة على السطحية.»[53]

أرسل البحث إلى خاله سيزار كوخ Caesar Koch، الذي كان تاجرًا في بلجيكا وواحدًا من أقاربه المحببين، وكان يساعده أحيانًا بالمال، واعترف أينشتاين متظاهرًا بالتواضع: «إن البحث يتسم بالنقصان والسذاجة نوعًا ما، كما هو متوقع من شاب صغير مثلي»، وأضاف أن هدفه كان التسجيل في الخريف التالي بمعهد زيورخ الفني، لكنه كان قلقًا لأن سنه أصغر من السن المطلوب، «ينبغي أن أكون أكبر بسنتين على الأقل.»[54]

ولمساعدته في التغلب على عقبة السن، كتب صديق للعائلة إلى مدير المعهد يطلب منه استثناء، ونستطيع استنتاج نغمة الخطاب من رد المدير الذي أعرب فيه عن شكه في قبول هذا «الطفل المعجزة المزعوم»، ومع ذلك فقد سمح لأينشتاين بأداء امتحان الدخول، واستقل القطار المتجه إلى زيورخ في أكتوبر/تشرين الأول ١٨٩٥ «شاعرًا بتردد له ما يبرره.»

ومما لا يثير الدهشة أنه اجتاز الأجزاء الخاصة بالرياضيات والعلوم في الامتحان، لكنه رسب في القسم العام الذي تضمن أقسامًا في الأدب واللغة الفرنسية وعلم الحيوان وعلم النبات والسياسة، واقترح أستاذ الفيزياء ورئيس المعهد هنريخ فيبر Heinrich Weber أن يبقى أينشتاين في زيورخ ويحضر المحاضرات كطالب مستمع، غير أن أينشتاين قرر — بناء على نصيحة مدير المعهد — أن يقضي سنة إعداد بمدرسة في قرية آرو التي تبعد خمسة وعشرين ميلا جهة الغرب.[55]

كانت المدرسة مثالية لأينشتاين، فقد كان التدريس قائمًا على فلسفة مصلح تعليمي سويسري في أوائل القرن التاسع عشر هو يوهان هنريخ بيستالوتزي Johann Heinrich Pestalozzi الذي كان يؤمن بتشجيع الطلاب على تخيل الصور، وكان يؤمن أيضًا بأهمية تربية «الكرامة الداخلية» والتميز الفردي لدى كل طفل، وكان بيستالوتزي يدعو إلى أنه ينبغي أن يسمح للطلاب بأن يخرجوا باستنتاجاتهم الخاصة عن طريق سلسلة من الخطوات تبدأ بالمشاهدة المباشرة، ثم تنتقل بعد ذلك إلى الفرضيات والتفكير النظري ورسم الصور الذهنية.[56] وكان من الممكن أيضًا تعلم قوانين الرياضيات والفيزياء بهذه الطريقة وفهمها حق الفهم، وكان يجري تجنب الاستظهار، وقبول الحقائق دون اقتناع.

أحب أينشتاين آرو، وتقول شقيقته: «كان التلاميذ يعاملون كأفراد مستقلين، وكانت المدرسة تولي اهتمامًا أكبر للتفكير المستقل عن التفوق في العلم، وكان الشباب ينظرون للمعلم ليس على أنه رمز من رموز السلطة، بل إنسان ذو شخصية متميزة، شأنه شأن طلابه.» لقد كان ذلك صورة النقيض للتعليم الألماني الذي كرهه أينشتاين، وقال أينشتاين فيما بعد: «عندما أقارنها بالسنوات الدراسية الست في مدرسة ثانوية ألمانية سلطوية، أدرك بوضوح مدى تفوق التعليم القائم على حرية التصرف والمسئولية الشخصية على التعليم الذي يعتمد على السلطة الخارجية.»[57]

أصبح التفكير بالصور الذهنية — الذي أكد عليه بيستالوتزي ومن جاءوا بعده في آرو — جانبًا مهمًّا في عبقرية أينشتاين، وقد كتب بيستالوتزي: «الفهم البصري هو الوسيلة الوحيدة الأساسية والحقيقية لتعلم كيفية الحكم على الأشياء بطريقة صحيحة، وينبغي دون شك أن يأتي تعلم الأرقام واللغة في المرتبة الثانية.»[58]

ومما لا يثير الدهشة أن أينشتاين شغل نفسه في تلك المدرسة بالتجربة الفكرية البصرية، التي سوف تساعده على أن يكون أعظم عبقري علمي في عصره؛ فقد حاول تخيل ما سيحدث لو أنه انطلق بمحاذاة أشعة الضوء، وقال لأحد أصدقائه فيما بعد: «في آرو قمت بأولى تجاربي الصبيانية نوعًا ما في التفكير، وأثرت هذه التجربة تأثيرًا مباشرًا في النسبية الخاصة. فلو أن شخصًا استطاع أن يلاحق موجة ضوئية بنفس سرعة الضوء، فسوف يكون لديه نظام موجي مستقل تمامًا عن الزمن، وهذا بالطبع أمر مستحيل.»[59]

أصبح هذا النوع من التجارب الفكرية التخيلية Gedankenexperiment علامة فارقة في حياة أينشتاين، وسوف يظل طوال سنوات يتخيل في ذهنه صورًا مثل ضربات البرق والقطارات المتحركة وتسارع المصاعد وسقوط عمال الطلاء والخنافس العمياء ثنائية الأبعاد التي تزحف على أغصان منحنية، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من الآلات الغريبة المصممة لتحدد — على الأقل نظريًّا — موقع وسرعة الإلكترونات المتسارعة.

حينما كان أينشتاين يدرس في آرو، كان يسكن مع أسرة رائعة هي أسرة فينتلر التي سيرتبط أفرادها بحياته لفترة طويلة، فقد كان هناك يوست فينتلر Jost Winteler الذي كان معلمًا لمادتي التاريخ واللغة اليونانية في المدرسة، وزوجته روزا Rosa التي كان يدعوها أينشتاين باميرل Mamerl أو ماما، هذا إلى جانب أبنائهما السبعة. وستصبح ابنتهما ماري Marie أول صديقة لأينشتاين، كما ستتزوج ابنة أخرى هي آنا Anna من ميكيلي بيسو Michele Besso، أقرب أصدقاء أينشتاين، وسيتزوج ابنهما بول Paul أخت أينشتاين المحبوبة مايا.

كان الأب يوست فينتلر ليبراليًّا يشارك أينشتاين حساسيته تجاه النزعة العسكرية الألمانية وتجاه النزعة القومية بوجه عام، وقد ساعد إخلاصه ومثاليته السياسية في تشكيل الفلسفة الاجتماعية لدى أينشتاين، وسيصبح أينشتاين — كمعلمه — نصيرًا للفيدرالية العالمية والتعاون الدولي ونبذ العنف والاشتراكية الديمقراطية، مع إيمان عميق بحرية الفرد وحرية التعبير.

والأهم أن أينشتاين أصبح في ظل الدفء الذي أمدته به عائلة فينتلر أكثر إحساسًا بالأمان وأكثر أناقة، ومع أنه كان لا يزال يرى نفسه وحيدًا، فقد ساعدته أسرة فينتلر على أن ينضج عاطفيًّا ويقيم علاقات صداقة. وتقول الابنة آنا: «كان

يتمتع بروح الدعابة، وكان أحيانًا يضحك من أعماق قلبه»، وكان يذاكر أحيانًا في فترة المساء، «لكنه في معظم الأحيان كان يجلس مع العائلة حول المائدة.»[60]

صار أينشتاين شابًّا جذابًا يمتلك — حسبما قالت واحدة من معارفه — «جمالًا ذكوريًّا من النوع الذي كان يخلب عقول النساء في مطلع القرن.» كان له شعر أسود مموج، وعينان معبرتان، وجبهة عريضة، وكان يميل إلى المرح، «وربما كان الجزء السفلي من وجهه ينتمي إلى شخص شهواني عاشق للحياة.»

وفيما بعد كتب أحد زملاء دراسته — هانز بايلاند Hans Byland — وصفًا مدهشًا «للسوابي الوقح» الذي ترك أثرًا لا يمحى، فقال: «كان يسير واثقًا بنفسه وقبعته الرمادية مدفوعة إلى الوراء على شعره الأسود الكثيف، وكان يمشي بنشاط هنا وهناك بالإيقاع السريع — ربما أقول المجنون — المميز لروح قلقة تحمل بين جنباتها عالمًا بأسره. لم يكن شيء يفلت من النظرة الثاقبة لعينيه البنيتين الواسعتين البراقتين، وكانت شخصيته الآسرة تفتن كل من يتعامل معه، والابتسامة الساخرة المرتسمة على شفتيه الممتلئتين تثني الجهال عن مخالطته.»

وأضاف بيلاند أن أبرز ما ميز شخصية أينشتاين الشاب هو ذكاؤه المخيف في بعض الأحيان، «فقد واجه روح العالم كفيلسوف ضاحك، وكانت سخريته اللاذعة تعاقب بقسوة كل صور الغرور والتكلف.»[61]

وقع أينشتاين في حب ماري فينتلر نهاية عام ١٨٩٥، بعد بضعة أشهر من انتقاله للإقامة مع والديها، وكانت قد أنهت لتوها دراستها بمعهد تدريب المعلمين، وكانت تقيم بالمنزل وهي تنتظر وظيفة في قرية قريبة، وكانت آنذاك في الثامنة عشرة من عمرها، وكان أينشتاين لا يزال في السادسة عشرة، وأسعدت علاقتهما كلا الأسرتين. أرسل أينشتاين وماري تهنئة بعيد رأس السنة إلى أمه، وقد ردت بود: «أسعدني خطابك الرقيق يا آنسة ماري سعادة غامرة.»[62]

وفي شهر أبريل/نيسان التالي، عندما كان أينشتاين مع أسرته في بافيا لقضاء عطلة الربيع، كتب لماري أول خطاب حب معروف له:

> **حبيبة قلبي!**
>
> شكرًا جزيلًا يا حبيبتي على رسالتك الرقيقة الفاتنة التي جعلتني في منتهى السعادة، كم كان رائعًا أن أضم إلى قلبي تلك الورقة الصغيرة التي تطلعت إليها بحب عيناك الصغيرتان الغاليتان، وانسابت عليها بنعومة

يداك الرقيقتان الصغيرتان. لقد أدركت الآن يا ملاكي الصغير معنى الحنين إلى الوطن والاشتياق، لكن السعادة التي يجلبها الحب أكبر بكثير من الألم الذي يورثه الاشتياق ...

وقد أحبتك أمي أيضًا كثيرًا، مع أنها لا تعرفك، فقد جعلتها تقرأ خطابين فقط من خطاباتك الرقيقة، ودائمًا ما تضحك مني لأنني لم أعد أنجذب للفتيات اللاتي كن يستهوينني كثيرًا في الماضي، فأنت تعنين لي أكثر مما كان العالم يعني لي من قبل.

وقد خطت أمه إليها بقلمها عبارة في ختام الرسالة: «دون أن أقرأ هذا الخطاب، أرسل إليك تحياتي القلبية!»[63]

على الرغم من أن أينشتاين كان يستمتع بالمدرسة في آرو، فقد اتضح أنه طالب متفاوت المستوى، فقد ذكر تقرير الدخول أنه يحتاج إلى مساعدة في الكيمياء وأن لديه «ثغرات هائلة» في معرفته باللغة الفرنسية، وفي منتصف العام الدراسي كان لا يزال مطالبًا بـ«مواصلة الدروس الخصوصية في اللغة الفرنسية والكيمياء» و«ظلت الشكوى من اللغة الفرنسية قائمة». كان والده متفائلًا عندما أرسل له يوست فينتلر شهادة نصف العام، وكتب: «لا تفي جميع أجزائها بآمالي وتوقعاتي، لكنني اعتدت مع ألبرت على أن أجد درجات دون المتوسط إلى جانب درجات عالية، ولذلك فأنا لست مغتمًّا بها.»[64]

ظل أينشتاين شغوفًا بالموسيقى، وكان هناك تسعة من عازفي الكمان في فصله، ولاحظ معلمهم أنهم يعانون «بعض الخشونة في أسلوب تحريك القوس بين الحين والآخر»، لكنه اختص أينشتاين بالمديح فقال: «تألق أحد الطلاب، ويدعى أينشتاين، في عزف مقطوعة من سوناتا لبيتهوفن بفهم عميق»، وقد اختير أينشتاين في حفل موسيقي بالكنيسة عازف الكمان الأول في مقطوعة لباخ، وأثارت «نغماته الساحرة وإيقاعه الذي لا يضاهى» انبهار عازف الكمان الثاني، فسأله: «هل تعد النغمات؟» وأجاب أينشتاين: «كلا، إنها في دمي.»

وتحدث زميل دراسته بايلاند عن عزفه لسوناتا لموتسارت بعاطفة ملتهبة — «ما هذه العاطفة المشبوبة في عزفه!» — حتى أحسست أنني أسمع الملحن لأول مرة، وأدرك بايلاند وهو يستمع إليه أن سخرية أينشتاين اللاذعة ليست إلا قشرة خارجية تغلف روحه الداخلية الرقيقة، «كانت شخصيته من تلك الشخصيات المنقسمة التي

تعرف كيف تحمي بمظهر خارجي تكسوه الأشواك المملكة الرقيقة لحياتها الشخصية المفعمة بالمشاعر.»[65]

كان بغض أينشتاين للمدارس السلطوية الألمانية والمناخ العسكري سببًا في رغبته في التنازل عن جنسية هذه البلاد، وقد عزز ذلك يوست فينتلر الذي كان يحتقر صور النزعة القومية كافة، وغرس في أينشتاين الاعتقاد بأن الناس يجب أن يعتبروا أنفسهم مواطنين في العالم، لذا طلب من والده مساعدته في التخلص من جنسيته الألمانية، وجاءت الموافقة في يناير/كانون الثاني ١٨٩٦، وأصبح في ذلك الوقت بلا جنسية.[66]

وأصبح في تلك السنة أيضًا بلا انتماء ديني، وقد كتب والده في استمارة طلب إسقاط جنسيته الألمانية — وكان ذلك على الأرجح بناء على طلب ألبرت — أنه «لا ينتمي لطائفة دينية»، وسيفعل ألبرت المثل عند التقدم لطلب الإقامة في زيورخ بعد بضع سنوات، وفي مناسبات عديدة على مدى العقدين التاليين.

كانت ثورته على الدين بعد تعصبه العارض في طفولته لليهودية — فضلًا عن شعوره بالانعزال عن المجتمع اليهودي في ميونخ — قد أقصته عن تراثه، وقد قال فيما بعد لمؤرخ يهودي: «إن دين الآباء — كما عرفته في ميونخ في الدروس الدينية وفي المعبد — صدني عن الدين بدلًا من أن يجذبني إليه، فالدوائر البرجوازية اليهودية التي عرفتها في شبابي بثرائها وافتقارها لروح المجتمع لم تقدم لي شيئًا يبدو ذا قيمة.»[67]

وفيما بعد عندما يتعرض للحملات الخبيثة لمعاداة السامية في عشرينيات القرن العشرين، سيبدأ أينشتاين في العودة لهويته اليهودية، وقد قال أينشتاين ذات مرة: «لا يوجد بداخلي شيء يمكن أن يوصف «بإيمان يهودي»، ومع ذلك فأنا سعيد لكوني واحدًا من أبناء الشعب اليهودي»، وسيعبر فيما بعد عن الفكرة نفسها بصيغ متنوعة، فقد قال ذات مرة: «إن اليهودي الذي يتخلى عن دينه يشبه قوقعة تخلت عن صدفتها؛ إنها لا تزال قوقعة.»[68]

ولذلك يجب ألا يُنظر إلى تخليه عن اليهودية عام ١٨٩٦ على أنه انفصال نهائي عن اليهودية، بل على أنه جزء من التطور الذي استمر طوال حياته لمشاعره حيال هويته الثقافية، وقد كتب إلى أحد أصدقائه قبل سنة من وفاته: «لم أكن لأعي حينئذ ما يعنيه التخلي عن اليهودية، لكنني كنت أدرك تمامًا أصلي اليهودي، مع أنني لم أدرك المعنى الكامل لانتمائي لليهود إلا في وقت متأخر.»[69]

أنهى أينشتاين سنته في مدرسة آرو على نحو رائع لأي شخص عدا واحدًا من أعظم عباقرة التاريخ، إذ حصل على المركز الثاني على فصله، (وللأسف فإن اسم الطالب الذي تفوق على أينشتاين راح طي النسيان.) وكان نطاق الدرجات من واحد إلى ستة، وقد حصل على ٥ أو ٦ في جميع مقررات العلوم والرياضيات، وكذلك في التاريخ واللغة الإيطالية، بينما كانت أقل درجاته هي ٣ في اللغة الفرنسية.

وأهَّله هذا لأن يؤدي سلسلة من الامتحانات التحريرية والشفهية تسمح له إذا نجح بالالتحاق بمعهد زيورخ الفني، وفي امتحان اللغة الألمانية كتب ملخصًا سريعًا لواحدة من مسرحيات جوته وحصل على خمس درجات، وفي الرياضيات وقع في خطأ نتيجة تسرعه بأن وصف رقمًا بأنه «تخيلي» عندما كان يقصد «غير نسبي»، لكنه حصل مع ذلك على درجة عالية، وفي الفيزياء وصل متأخرًا وغادر مبكرًا، وأنهى اختبارًا مدته ساعتان في ساعة وخمس عشرة دقيقة، وحصل على درجة عالية، وحصل في المجموع على ٥٫٥، وهي أفضل درجة من بين تسعة طلاب تقدموا للامتحان.

كانت اللغة الفرنسية هي الجزء الوحيد الذي لم يبل فيه بلاء حسنًا، غير أن مقالته المكونة من ثلاث فقرات هي الجزء الأكثر أهمية لنا اليوم في جميع امتحاناته، كان الموضوع هو: «مشروعاتي من أجل المستقبل»، وعلى الرغم من أن لغته الفرنسية لم تكن جيدة، فإن رؤيته الخاصة كانت كالآتي:

> إذا حالفني الحظ ونجحت في امتحاناتي، فسوف ألتحق بمعهد زيورخ الفني، وسوف أمكث هناك أربع سنوات لدراسة الرياضيات والفيزياء، وأظن أنني سأصبح معلمًا في هذه المجالات العلمية، وسوف أختار الجانب النظري من هذه العلوم.
>
> وهذه هي الأسباب التي قادتني إلى هذه الخطة، وهي — في المقام الأول — موهبتي الشخصية في التفكير الرياضي والمجرد ... وقد قادتني رغباتي أيضًا إلى نفس القرار، وهذا أمر طبيعي تمامًا؛ فكل منا يميل إلى القيام بما يتمتع بموهبة فيه، فضلًا عن أنني منجذب إلى الاستقلالية التي توفرها مهنة العلم.[70]

في صيف ١٨٩٦ تعرضت شركة الأخوين أينشتاين للأعمال الكهربية للإفلاس مرة أخرى، هذه المرة لأنهما فشلا في الحصول على حقوق استغلال المياه اللازمة

لبناء نظام كهرومائي في بافيا، وقد جرى حل الشركة بطريقة ودية، والتحق ياكوب بالعمل في شركة كبيرة كمهندس، لكن هيرمان — الذي كان تفاؤله وغروره يطغيان على أي تعقل — أصر على افتتاح شركة أخرى للمولدات الكهربية، في ميلانو هذه المرة، وكان أينشتاين متشككا في فرص نجاح أبيه حتى إنه ذهب إلى أقاربه واقترح عليهم ألا يمدوه بالمال مرة أخرى، لكنهم فعلوا.[71]

وكان هيرمان يأمل في أن ينضم إليه أينشتاين يومًا ما في أعماله، لكن الهندسة لم تكن تستهويه كثيرًا، وكتب لصديق فيما بعد: «كان من المفترض في الأصل أن أصبح مهندسًا، فلم أتحمل فكرة بذل طاقتي الإبداعية في أشياء تجعل الحياة اليومية العملية أكثر رفاهية، بهدف كسب مال زهيد، فالتفكير فيها مثل الموسيقى!»[72] وهكذا اتجه نحو الطريق الصحيح إلى المعهد الفني بزيورخ.

الفصل الثالث

معهد زيورخ الفني

١٨٩٦–١٩٠٠

طالب العلم الوقح

كان المعهد الفني بزيورخ بطلابه البالغ عددهم ٨٤١ طالبًا كلية يتخرج منها في الأساس المدرسون والفنيون عندما التحق به ألبرت أينشتاين وهو في السابعة عشرة في أكتوبر/تشرين الأول ١٨٩٦، وكان أقل شأنًا من جامعة زيورخ المجاورة والجامعات الأخرى في جنيف وبازل، التي كانت جميعها تمنح درجات الدكتوراه (وهي منزلة سيصل إليها المعهد الفني في عام ١٩١١ عندما يتغير اسمه رسميًّا من Eidgenössische Polytechnische Schule إلى Eidgenössische Technische Hochschule)، غير أن المعهد كان يتمتع بمكانة مرموقة في الهندسة والعلوم، وكان هنريخ فيبر رئيس قسم الفيزياء قد حصل حديثًا على مبنى جديد فخم، مَوَّله واحد من أقطاب صناعة الإلكترونيات هو فيرنر فون سيمنز (المنافس لشركة الأخوين أينشتاين)، وكان المعهد يضم معامل مزودة بأجهزة اشتهرت بدقة قياساتها.

كان أينشتاين واحدًا من أحد عشر طالبًا جديدًا مسجلين في القسم الخاص بإعداد المعلمين «المتخصصين في الرياضيات والفيزياء»، وكان يقيم في بيت الطلبة، ويعيش على مصروف شهري يبلغ ١٠٠ فرنك سويسري يحصل عليه من أقاربه من عائلة كوخ، ويوفر منه عشرين فرنكًا كل شهر من أجل الرسوم التي سيضطر لدفعها في النهاية للحصول على الجنسية السويسرية.[1]

كانت الفيزياء النظرية تأخذ مكانها الصحيح كعلم أكاديمي في تسعينيات القرن التاسع عشر، وكانت المناصب التعليمية في هذا المجال تتوافر بكثرة في جميع أنحاء أوروبا، وقد جمع رواد هذا المجال — أمثال ماكس بلانك في برلين، وهندريك لورنتز Hendrik Lorentz في هولندا، ولودفيج بولتزمان Ludwig Boltzmann في فيينا — ما بين الفيزياء والرياضيات لاقتراح مسارات لم يطرقها بعد العلماء التجريبيون، ومن ثم كان من المفترض أن تكون الرياضيات جزءًا أساسيًّا من دراسات أينشتاين في المعهد الفني.

بيد أن موهبة أينشتاين في الفيزياء كانت تفوق موهبته في الرياضيات، ولم يدرك بعد كيف سيرتبط العلمان ارتباطًا وثيقًا أحدهما مع الآخر في السعي إلى نظريات جديدة، وخلال سنواته الأربع في المعهد الفني كان يحصل على ٥–٦ درجات في جميع مقررات الفيزياء النظرية، لكنه كان يحصل على أربع درجات فقط في معظم مقررات الرياضيات، لاسيما مقررات الهندسة، وقد اعترف قائلًا: «لم يكن واضحًا لي كطالب أن المعرفة العميقة بالمبادئ الأساسية للفيزياء ترتبط بأكثر المناهج الرياضية تعقيدًا.»[2]

سيدرك أينشتاين هذه الحقيقة بعد عقد آخر، عندما كان يحاول استيعاب الجانب الهندسي في نظريته عن الجاذبية، ووجد نفسه مضطرًّا إلى الاعتماد على مساعدة أستاذ رياضيات وصفه ذات مرة بأنه كلب كسول، وكتب إلى زميل له عام ١٩١٢: «لقد أصبحت أكن احترامًا عظيمًا للرياضيات، وقد كنت لحماقتي أعتبر الجزء الأكثر غموضًا منها ترفًا خالصًا حتى الآن.» وقبيل نهاية حياته أعرب عن أسفه بطريقة مشابهة في حديث مع صديق شاب فقال: «في سن مبكرة كنت أفترض أن الفيزيائي الناجح لا يحتاج إلا إلى معرفة أساسيات الرياضيات، وفيما بعد أدركت مع الأسف الشديد أن فرضي كان خاطئًا تمامًا.»[3]

كان أستاذه في الفيزياء الأساسية هو هنريخ فيبر، ذلك الأستاذ الذي كان قبل عام معجبًا به لدرجة أنه حتى عندما رسب في امتحان القبول بالمعهد، ألح عليه بالبقاء في زيورخ وحضور محاضراته كمستمع، واستمر إعجابهما المتبادل خلال السنتين الأوليين في المعهد، وكانت محاضرات فيبر من بين المحاضرات القليلة التي أعجبته، وكتب خلال سنته الثانية: «كان فيبر يحاضر عن الحرارة ببراعة فائقة، فقد كانت تروق لي المحاضرة تلو الأخرى.» عمل أينشتاين في معمل فيبر «بحماس

وشغف شديدين»، ودرس معه خمسة عشر مقررًا (خمس مقررات عملية، وعشر نظرية)، وحصل على درجات عالية فيها جميعًا.[4]

غير أن أينشتاين فقد انبهاره بفيبر شيئًا فشيئًا، فقد شعر أن الأستاذ يركز كثيرًا على الأساسيات التاريخية للفيزياء، ولا يتعرض كثيرًا لمجالات البحث المعاصرة، وقد قال أحد المعاصرين لأينشتاين عن ذلك: «كان يهمل أي شيء أتى بعد هيلمولتز Helmholtz، ومع نهاية دراستنا كنا نعرف كل شيء عن ماضي الفيزياء، لكننا لم نعرف شيئًا عن حاضرها ومستقبلها.»

ما كان غائبًا على وجه الخصوص في محاضرات فيبر هو أي ذكر للاكتشافات العلمية العظيمة لجيمس ماكسويل كلارك James Clerk Maxwell الذي وضع بدءًا من عام ١٨٥٥ نظريات متعمقة ومعادلات رياضية رائعة تصف كيفية انتشار الموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء، وكتب طالب آخر من زملاء أينشتاين: «انتظرنا دون جدوى عرضًا لنظرية ماكسويل، وكان أينشتاين أكثرنا إحباطًا.»[5]

نظرًا لطبيعته المتهورة لم يخف أينشتاين مشاعره، ونظرًا لاعتزازه بنفسه استشاط فيبر غضبًا إزاء ازدراء أينشتاين الذي لم يكن خافيًا، وفي نهاية سنواتهما الأربع معًا كانا قد صارا خصمين.

كان غضب فيبر مثالًا آخر على كيفية تأثر حياة أينشتاين العلمية والشخصية بسمات نفسية متأصلة بعمق في روحه السوابية: استعداده للاعتراض على السلطة دون مبالاة، وموقفه الوقح تجاه الخضوع للنظام، وقلة احترامه للآراء والأفكار السائدة، فكان يميل إلى أن يخاطب فيبر — على سبيل المثال — بطريقة غير رسمية، فيدعوه بـ«السيد فيبر» Herr Weber بدلًا من «السيد الأستاذ» Herr Professor.

وعندما طغى شعوره بالإحباط آخر الأمر على إعجابه، كان حكم فيبر على أينشتاين مماثلًا لحكم المعلم الذي كان حانقًا عليه في المدرسة الثانوية بميونخ قبل بضع سنوات، وقال فيبر لأينشتاين: «أنت صبي ذكي جدًّا يا أينشتاين، صبي في غاية الذكاء، لكن لديك عيبًا واحدًا كبيرًا: إنك لا تخضع للتوجيه قط.»

كان هناك شيء من الحقيقة في هذا التقييم، ولكن أينشتاين سيبرهن على أنه في عالم الفيزياء الصاخب في بداية القرن، لم يكن رفض الحكمة التقليدية يعد من السلبيات.[6]

أثارت وقاحة أينشتاين مشكلات مع أستاذ الفيزياء الآخر بالمعهد جون برنيه Jean Pernet الذي كان مسئولًا عن التجارب العملية، ففي مقرر التجارب الفيزيائية للمبتدئين، أعطى برنيه أينشتاين درجة واحدة، وهي أقل الدرجات الممكنة، وبذلك أحرز سبقًا تاريخيًّا بأن جعل أينشتاين يرسب في مقرر الفيزياء، وكان السبب في ذلك يرجع إلى حد ما إلى أن أينشتاين كان نادرًا ما يحضر محاضرات المقرر، وبناء على طلب كتابي من برنيه في مارس/آذار ١٨٩٩، «وجه المدير توبيخًا رسميًّا لأينشتاين بسبب عدم اجتهاده في المقرر العملي في الفيزياء.»[7]

ذات يوم سأل برنيه أينشتاين: لماذا تتخصص في الفيزياء بدلًا من مجال كالطب أو حتى القانون؟ فأجاب أينشتاين: «لأنني أقل موهبة في هذه المواد، لماذا لا أستطيع — على الأقل — أن أجرب حظي في الفيزياء؟»[8]

وفي المناسبات التي كان أينشتاين يتواضع فيها بالحضور في معمل برنيه، كانت نزعته الاستقلالية توقعه أحيانًا في مشاكل، مثل ذلك اليوم الذي أُعطي فيه ورقة تعليمات لتجربة معينة، ويقول صديقه وكاتب سيرته المبكر كارل سيليج Carl Seelig: «نظرًا لاستقلاليته المعتادة، ألقى أينشتاين الورقة في سلة المهملات»، ثم أجرى التجربة بطريقته الخاصة. سأل برنيه أحد مساعديه: «ما رأيك في أينشتاين؟ فهو يخالف دومًا ما آمره به.»

رد المساعد: «إنه يفعل ذلك حقًّا يا أستاذ، لكنه يصل إلى حلول صحيحة، ويستخدم طرقًا جديرة بالملاحظة.»[9]

وفي النهاية عادت عليه هذه الطرق بالضرر، ففي يوليو/تموز ١٨٩٩ أحدث انفجارًا بمعمل برنيه وألحق «إصابات بالغة» بيده اليمنى واضطر للذهاب إلى العيادة لخياطة الجرح، ومنعه الجرح من الكتابة لمدة لا تقل عن أسبوعين، وأجبره على التوقف عن العزف على الكمان لفترة أطول، وكتب لامرأة كان يعزف معها على الكمان في آرو: «اضطررت إلى التخلي عن كماني، وأنا على يقين أنها تتساءل لماذا لا تخرج قط من صندوقها الأسود، لعلها تظن أنها صارت بحوزة مالك آخر.»[10] وسرعان ما عاد للعزف على الكمان، لكن الحادثة فيما يبدو جعلته أقرب إلى المنظِّر منه إلى عالم التجارب.

وعلى الرغم من أنه كان يركز على الفيزياء بدرجة أكبر من الرياضيات، فإن الأستاذ الذي سيكون له آخر الأمر الأثر الإيجابي الأكبر عليه هو أستاذ الرياضيات

هيرمان مينكوفسكي Hermann Minkowski، وهو يهودي روسي المولد في أوائل الثلاثينيات من عمره، وكان وسيمًا وذا فك مربع، وقد أعجب أينشتاين بالطريقة التي ربط بها مينكوفسكي الفيزياء بالرياضيات، لكنه تحاشى مقرراته الأكثر صعوبة، وهذا هو السبب في أن مينكوفسكي وصف أينشتاين بأنه «كلب كسول»، فلم يكن يهتم بالرياضيات على الإطلاق.»[11]

كان أينشتاين يحب أن يذاكر مع واحد أو اثنين من أصدقائه، وفقًا لاهتماماته وميوله،[12] ومع أنه كان لا يزال يتباهى بأنه «رحالة وحيد»، فقد بدأ يزور المقاهي ويحضر الحفلات الموسيقية المسائية مع مجموعة متآلفة من الأصدقاء المقربين البوهيميين وزملاء الدراسة، ومع أنه كان معروفًا بميله إلى الانعزال، فقد كون صداقات فكرية دائمة في زيورخ أصبحت من أهم العلاقات في حياته.

كان من بين هؤلاء الأصدقاء مارسيل جروسمان Marcel Grossmann، وهو يهودي من الطبقة المتوسطة ونابغة في الرياضيات كان والده يمتلك مصنعًا بالقرب من زيورخ. كان جروسمان يدون ملحوظات غزيرة أثناء المحاضرات ويعطيها لأينشتاين الذي لم يكن مواظبًا على حضور المحاضرات، وفيما بعد قال أينشتاين لزوجة جروسمان متعجبًا: «كان من الممكن أن تُطبع مذكراته وتُنشر، وعندما كان يأتي وقت الاستعداد للامتحانات، كان دائمًا يعيرني هذه المذكرات، وكانت طوق النجاة لي، ولا أدري ماذا كنت سأفعل بدون هذه المذكرات.»

كان أينشتاين وجروسمان يدخنان الغليون معًا ويحتسيان القهوة المثلجة وهما يتبادلان الآراء حول الفلسفة في مقهى متروبول على ضفاف نهر ليمات، وقال جروسمان لوالديه: «سوف يصبح أينشتاين هذا في يوم من الأيام رجلًا عظيمًا»، وسوف يسهم فيما بعد في تحقيق هذه النبوءة حينما يساعد أينشتاين في الحصول على وظيفته الأولى بمكتب براءات الاختراع السويسري، ثم يساعده بعد ذلك في الحسابات الرياضية التي احتاجها لتحويل النسبية الخاصة إلى نظرية عامة.[13]

ولما كانت العديد من محاضرات المعهد الفني تبدو متخلفة وانقضى أوانها، فقد قرأ أينشتاين وأصدقاؤه أحدث النظريات بمفردهم، ويقول أينشتاين: «كنت أتغيب عن المعهد كثيرًا، وقرأت لأساتذة الفيزياء النظرية بحماس شديد في البيت»، وكان من بين هؤلاء الرواد: جوستاف كيرتشوف Gustav Kirchhoff في الإشعاع، وهيرمان فون هيلمولتز Hermann von Helmoltz في الديناميكا الحرارية، وهنريخ

هيرتز Heinrich Hertz في الكهرومغناطيسية، وبولتزمان Boltzmann في الميكانيكا الإحصائية.

وتأثر أيضًا بالقراءة لمنظِّر أقل شهرة هو أوجست فوبل August Föppl الذي ألف عام ١٨٩٤ كتابًا شهيرًا بعنوان Introduction to Maxwell's Theory of Electricity، وأشار مؤرخ العلوم جيرالد هولتون Gerald Holton إلى أن كتاب فوبل يزخر بالمفاهيم التي سرعان ما سيصبح لها صدى في أعمال أينشتاين، فقد كان يتضمن قسمًا عن «الديناميكا الكهربية للموصلات المتحركة» يبدأ بالتشكك في صحة مفهوم «الحركة المطلقة»، ويذكر فوبل أن الطريقة الوحيدة لتحديد الحركة هي تحديدها بالنسبة إلى جسم آخر، ومن هناك ينتقل إلى بحث مسألة توليد تيار كهربي مستحث بواسطة مجال مغناطيسي، ويقول: «سواء أكان المغناطيس يتحرك بجوار دائرة كهربية ثابتة أم كانت الدائرة الكهربية هي التي تتحرك والمغناطيس ثابت، فسوف يستحث تيارًا كهربيًّا في كلتا الحالتين.» ويبدأ أينشتاين بحثه عن نظرية النسبية الخاصة عام ١٩٠٥ بإثارة نفس الموضوع.[14]

قرأ أينشتاين أيضًا في وقت فراغه لهنري بوانكاريه Henri Poincaré العلَّامة الفرنسي العظيم الذي كان قاب قوسين أو أدنى من اكتشاف المفاهيم الأساسية للنسبية الخاصة، وقبيل نهاية السنة الدراسية الأولى لأينشتاين بالمعهد الفني في ربيع ١٨٩٧ كان هناك مؤتمر للرياضيات في زيورخ، وكان مقررًا أن يتحدث فيه بوانكاريه العظيم، ومع أنه لم يتمكن من الحضور في اللحظة الأخيرة، فإن واحدًا من أبحاثه قُرئ هناك، وكان يحتوى على ما سيصبح إعلانًا شهيرًا، إذ جاء فيه: «إن المكان المطلق، والزمان المطلق، وحتى الهندسة الإقليدية، ليست شروطًا تفرض على الميكانيكا.»[15]

الجانب الإنساني

ذات مساء كان أينشتاين بالمنزل مع صاحبة العقار الذي يقيم فيه، وسمع شخصًا يعزف سوناتا للبيانو من تأليف موتسارت، وعندما سأل من هذا، أخبرته صاحبة العقار بأنها سيدة عجوز تقيم بالغرفة العلوية بالمنزل المجاور وتُدرّس البيانو، وعلى الفور اختطف كمانه واندفع خارجًا من المنزل دون أن يرتدي ياقة أو رابطة عنق، وصاحت صاحبة العقار: «لا تخرج بهذه الهيئة يا سيد أينشتاين»، لكنه لم يلق لها

بالًا واندفع نحو المنزل المجاور. نظرت إليه معلمة البيانو في ذهول، فقال أينشتاين: «أرجوك أن تواصلي العزف»، وبعد لحظات امتلأ الجو بأنغام كمان يصاحب سوناتا موتسارت، وفيما بعد سألت المعلمة من كان هذا العازف الدخيل، فطمأنتها جارتها قائلة: «إنه مجرد طالب بريء.»[16]

ظلت الموسيقى تسحر عقل أينشتاين، ولم تكن بالنسبة إليه هروبًا من الواقع بقدر ما كانت اتصالًا بالتناغم الكامن في الكون، وبالعبقرية الإبداعية لعظماء المؤلفين الموسيقيين، وبالآخرين الذين يميلون إلى التواصل بما هو أعمق من الكلمات، إن ما كان يبهره في الموسيقى والفيزياء هو جمال التناغم.

كانت سوزان ماركفالدر Suzanne Markwalder فتاة تعيش في زيورخ، وكانت أمها تستضيف أمسيات موسيقية تعزف فيها في معظم الأحيان موسيقى موتسارت، وكانت تعزف على البيانو في حين يعزف أينشتاين على الكمان، وتقول سوزان: «كان صبورًا جدًّا على عيوبي»، وفي أسوأ الحالات كان يقول: ««ها أنت عاجزة عن التصرف كحمار فوق جبل»، ويشير بقوس كمانه إلى المكان الذي كان يجب أن أبدأ فيه العزف.»

إن ما أعجب أينشتاين في موتسارت وباخ هو البناء المعماري البديع الذي جعل موسيقاهما تبدو «حتمية كالقدر»، وتبدو — مثل نظرياته العلمية المفضلة — قطعة من الكون وليست مؤلفة. وقال أينشتاين ذات مرة: «لقد أبدع بيتهوفن موسيقاه، لكن موسيقى موتسارت على درجة من الصفاء حتى لتبدو وكأنها كانت دائمًا في الكون.» وقد قارن ما بين بيتهوفن وباخ: «أشعر بعدم الراحة عند الاستماع إلى بيتهوفن، أعتقد أنه شخصي جدًّا. وأرى أن باخ أفضل منه كثيرًا.»

كان أينشتاين معجبًا أيضًا بشوبيرت «لقدرته الفائقة على التعبير عن العاطفة.» وفي استبيان ملأه ذات مرة كان ينتقد مؤلفي الموسيقى الآخرين بطريقة تعكس بعض آرائه العلمية: كان يعيب هاندل «شيء من الضحالة»، وأظهر ميندلسون «براعة كبيرة، لكنه كان يفتقر إلى العمق، مما يؤدي غالبًا إلى الابتذال»، وفاجنر يعوزه البناء المعماري الذي اعتبره انحطاطًا، وشتراوس «موهوب، لكنه بدون صدق روحاني.»[17]

كان أينشتاين يهوى أيضًا الإبحار بالقوارب — وهي هواية أقرب إلى الانعزال — في بحيرات الألب الرائعة حول زيورخ، وتقول سوزان ماركفالدر: «لا أزال أذكر كيف كان يخرج مفكرته الصغيرة ويبدأ في الكتابة عندما يهدأ النسيم وترتخي الأشرعة كالأوراق الذابلة، ولكن بمجرد أن تتحرك الرياح يستعد على الفور للإبحار من جديد.»[18]

والمشاعر السياسية التي شعر بها عندما كان صبيًّا من كراهية للاستبداد، ونفور من النزعتين العسكرية والقومية، واحترام للفردية، وازدراء للبذخ البرجوازي والتظاهر بعظمة الثروة، ورغبة في العدالة الاجتماعية؛ قد شجعه عليها يوست فينتلر مالك العقار والأب البديل في آرو. وفي ذلك الحين التقى أينشتاين في زيورخ بصديق لفينتلر أصبح أيضًا مرشدًا سياسيًّا له، وهو جوستاف ماير Gustav Maier، مدير مصرف يهودي ساعد في ترتيب زيارة أينشتاين الأولى للمعهد الفني، وبدعم من فينتلر أسس ماير فرع جمعية الثقافة الأخلاقية Society for Ethical Culture في سويسرا، وكان أينشتاين كثيرًا ما يحضر اجتماعاتهم غير الرسمية بمنزل ماير.

تعرف أينشتاين أيضًا إلى فريدريخ أدلر Friedrich Adler وأحبه، وهو ابن زعيم الحزب الديمقراطي الاشتراكي النمساوي، وكان يدرس في زيورخ، وقد وصفه أينشتاين فيما بعد بأنه أطهر من لقيه من المثاليين وأكثرهم حماسًا، وحاول أدلر أن يقنع أينشتاين بالانضمام إلى حزب الديمقراطيين الاشتراكيين، لكن أينشتاين لم يكن من ذلك النوع الذي يقضي وقتًا في اجتماعات المؤسسات المنظمة.[19]

كان شرود ذهنه وهندامه غير المنظم وملابسه البالية وكثرة نسيانه من صفاته الواضحة أثناء دراسته، وهي التي ستجعله يبدو فيما بعد رمزًا للأستاذ شارد الذهن، فقد كان معروفًا عنه أنه قد ينسى ملابسه وأحيانًا حقيبته عندما يسافر، وكانت صاحبة العقار تتندر دائمًا على نسيانه مفاتيحه. وذات مرة كان يزور أصدقاء لعائلته، وقال: «غادرتُ البيت وقد نسيتُ حقيبتي، وقال مضيفنا لوالدي: «لن يحقق هذا الرجل نجاحًا يذكر، لأنه لا يستطيع تذكر أي شيء.»»[20]

كانت حياته الهانئة كطالب يكدرها الإخفاقات المالية المستمرة لوالده الذي ظل يسعى — مخالفًا نصح أينشتاين — لإقامة شركات خاصة بدلًا من البحث عن عمل براتب ثابت في شركة مستقرة كما فعل أخوه ياكوب في النهاية، وكتب لأخته في لحظة شديدة الكآبة عام ١٨٩٨ عندما منيت شركة أبيه بالفشل مرة أخرى: «لو كان الأمر بيدي، لجعلت أبي يبحث عن عمل براتب ثابت منذ عامين.»

كان الخطاب يائسًا جدًّا، ربما أكثر مما يستحق موقف والديه المالي بالفعل:

> إن ما يحزنني أشد الحزن هو البلاء الذي أصاب والدي البائسين اللذين لم ينعما بلحظة سعادة طوال سنوات عديدة، وما يزيدني ألمًا هو أنني — وأنا

رجل بالغ — لا أستطيع إلا أن أقوم بدور المتفرج، فأنا لست إلا عبئًا على كاهل أسرتي ... ولو لم أكن حيًّا على الإطلاق لكان ذلك أفضل، ولا يعينني على مواصلة العيش ويحميني أحيانًا من اليأس إلا خاطر واحد؛ هو أنني أفعل دائمًا ما تتيحه لي قدراتي المتواضعة، ولا أسمح لنفسي بأي متعة أو لهو إلا ما توفره لي دراستي.[21]

ربما لم يكن هذا كله إلا نوبة من الاكتئاب في سن المراهقة، وعلى أية حال كان يبدو أن والده يجتاز المحنة بتفاؤله المعتاد، ففي فبراير/شباط التالي فاز بعقود لتوريد مصابيح كهربية لإنارة شوارع قريتين صغيرتين بالقرب من ميلانو، وكتب أينشتاين لمايا: «أنا سعيد لزوال الهموم عن والدينا. لو عاش كل الناس بهذه الطريقة، لما ظهرت كتابة الروايات قط.»[22]

إن حياة أينشتاين البوهيمية الجديدة وطبيعة الأنانية القديمة جعلا من غير المحتمل أن تستمر علاقته بماري فينتلر؛ الابنة الرقيقة — والمتقلبة بعض الشيء — للعائلة التي أقام معها في آرو، ففي البداية كان لا يزال يرسل إليها بالبريد سلال ملابسه المتسخة، وكانت تغسلها وتعيدها إليه، وفي بعض الأحيان لم يكن يرفق معها حتى رسالة قصيرة، لكنها كانت تحاول إرضاءه، وفي أحد الخطابات تحدثت عن «عبور الغابة تحت المطر الغزير» للذهاب إلى مكتب البريد لإعادة ملابسه النظيفة، «لقد أجهدتُ عيناي بلا جدوى بحثًا عن رسالة قصيرة منك، لكن مجرد رؤية خطك الحبيب في العنوان كانت كافية لتجعلني سعيدة.»

وعندما أخبرها أينشتاين بأنه ينوي زيارتها، كادت ماري تطير فرحًا، وكتبت له: «أشكرك شكرًا عميقًا يا ألبرت لرغبتك في المجيء إلى آرو، وأنت تعلم أنني سأحصي الدقائق حتى ذلك الوقت، لا أستطيع أن أصف لك كم أشعر بالسعادة منذ أن نعمت بقرب روحك واتحادها بروحي، أنا أحبك للأبد يا حبيب قلبي.»

لكنه كان يرغب في إنهاء العلاقة، ففي واحد من خطاباته الأولى بعد وصوله إلى معهد زيورخ الفني اقترح أن يتوقفا عن تبادل الرسائل، وردت عليه قائلة: «حبيبي، أنا لا أفهم تمامًا مقطعًا في خطابك، لقد كتبتَ أنك لم تعد ترغب في مراسلتي، ولكن لماذا يا حبيب قلبي؟ ... لا بد أنك مستاء مني تمامًا لتكتب لي بهذه الفظاظة»، ثم حاولت أن تتناسى المشكلة بالمزاح فقالت: «ولكن مهلًا، فسوف تلقى بعض التعنيف عندما أعود للبيت.»[23]

كان خطاب أينشتاين التالي أقل ودًّا، وقد اشتكى من إبريق الشاي الذي أعطته إياه، فردت عليه قائلة: «إن إرسالي إبريق الشاي الصغير السخيف إليك يجب ألا يثير غضبك على الإطلاق ما دمت ستعد فيه بعض الشاي الجيد، فكف عن هذا الغضب الذي تنضح به كل سطور رسالتك»، وقالت إن هناك صبيًّا صغيرًا من تلاميذها يشبهه ويدعى ألبرت، وقالت: «إنني أحبه كثيرًا، ويعتريني شعور غريب عندما ينظر إليّ، وأعتقد دائمًا أنك تنظر إلى محبوبتك الغالية.»[24]

بعد ذلك انقطعت الخطابات من جانب أينشتاين، على الرغم من توسلات ماري، حتى إنها كتبت لأمه تطلب نصيحتها، فردت بولين أينشتاين: «لقد أصبح هذا الفتى كسولًا بصورة مخيفة، وقد ظللت أترقب أخباره بلا جدوى هذه الأيام الثلاثة الأخيرة، ويلقى مني تقريعًا عنيفًا ما إن يصل إلى البيت.»[25]

وفي النهاية أعلن أينشتاين إنهاء العلاقة في خطاب أرسله إلى أم ماري قال فيه إنه لن يعود إلى آرو أثناء إجازته الدراسية هذا الربيع، وكتب: «سيكون خطأ كبيرًا من جانبي أن أشتري بضع أيام من السعادة في مقابل مزيد من الألم لابنتكم العزيزة التي سببت لها بالفعل كثيرًا من الألم دون أن أقصد.»

واستمر في إجراء تقييم شامل يراجع فيه نفسه وأفكاره عن كيف بدأ يتجنب ألم الارتباطات العاطفية وكل ما يعتبره «شخصي بحت» باللجوء إلى العلم:

> إنني أشعر بارتياح غريب لأن عليَّ الآن أن أذوق بعض الألم الذي سببته لهذه الفتاة الكريمة من خلال طيشي وجهلي بطبيعتها الرقيقة، إن العمل الفكري المرهق والتأمل في طبيعة الخالق هما الملَكان اللذان يؤازرانني ويحميانني في كل مواقف الحياة العصيبة، وليتني أستطيع أن أقدم بعضًا من هذا إلى الفتاة الرقيقة، لكنها طريقة عجيبة تلك التي اجتاز بها عواصف الحياة، وفي كثير من الأحيان أرى نفسي نعامة تدفن رأسها في رمال الصحراء حتى لا ترى الخطر.[26]

قد يبدو فتور أينشتاين تجاه ماري فينتلر من وجهة نظرنا قاسيًا، غير أن العلاقات — لاسيما العلاقات بين المراهقين — يصعب الحكم عليها من بعيد، فقد كانا مختلفين تمامًا أحدهما عن الآخر، خصوصًا من الناحية الفكرية، فخطابات ماري كانت تهبط كثيرًا إلى درجة الكلام الفارغ، خاصة عندما كانت تشعر بعدم

الاستقرار، وكتبت في أحد الخطابات: «أنا أكتب كثيرًا من الهراء، أليس كذلك؟ لكنك في النهاية لا تقرأ خطابي حتى ختامه (لكنني لا أعتقد ذلك)»، وقالت في خطاب آخر: «إنني لا أفكر قط في نفسي يا حبيبي، وهذا حقيقي تمامًا، لكن السبب الوحيد في هذا هو أنني لا أفكر على الإطلاق، إلا عندما يتعلق الأمر ببعض الحسابات الصعبة التي تحتاج — على غير العادة — أن أعرف أكثر مما يعرفه تلاميذي.»[27]

وأيًّا كان المسئول عما حدث — إن كان أحدهما مسئولًا — فلم يكن من الغريب أن ينتهي بهما الأمر إلى الانفصال. أصيبت ماري بعد انتهاء علاقاتها بأينشتاين باكتئاب عصبي، وكانت تتغيب كثيرًا عن التدريس، ثم تزوجت بعد بضع سنوات بمدير مصنع للساعات، أما أينشتاين فقد خرج من العلاقة ليقع في حب امرأة مختلفة عن ماري تمام الاختلاف.

ميليفا ماريتش Mileva Marić

كانت ميليفا الابنة الأولى والمحببة لفلاح صربي طموح التحق بالجيش، وتزوج بامرأة ذات ثروة متواضعة، ثم كرس حياته حتى يضمن لابنته الذكية مكانًا في عالم الرياضيات والفيزياء الذي يسيطر عليه الذكور. قضت ميليفا معظم طفولتها في مدينة نوفي ساد Novi Sad، وهي مدينة صربية كانت آنذاك تتبع دولة المجر،[28] والتحقت بمجموعة متنوعة من المدارس المتميزة، وكانت تحصل في كل منها على المركز الأول، وانتهى الأمر بأن أقنع والدها مدرسة ثانوية للذكور بزغرب — هي مدرسة Classical Gymnasium in Zagreb — بقبولها، وبعد تخرجها من المدرسة وحصولها على أعلى الدرجات في الفيزياء والرياضيات، توجهت إلى زيورخ، حيث أصبحت — قبل بلوغها الحادية والعشرين — الفتاة الوحيدة في القسم الذي يدرس فيه أينشتاين بالمعهد الفني.

كانت ميليفا ماريتش تكبر أينشتاين بأكثر من ثلاث سنوات، وكانت مصابة بخلع خلقي في مفصل الورك جعلها تعرج في مشيتها، وكانت تتعرض لنوبات من مرض السل والاكتئاب الشديد، ولم تكن تتمتع بالجمال ولا بالشخصية الجذابة، وقد وصفتها إحدى صديقاتها في زيورخ بأنها: «شديدة الذكاء والجدية، ضئيلة الجسد، رقيقة، سمراء، دميمة.»

لكنها كانت تتمتع بصفات رآها أينشتاين — على الأقل خلال سنواته الدراسية الرومانسية — جذابة؛ وهي شغف بالرياضيات والعلوم، وعمق في التفكير، وروح خلابة. وكان في عينيها العميقتين قوة أخاذة، وفي وجهها لمسة حزن آسرة.[29] وستصبح بمرور الوقت مصدر إلهام أينشتاين ورفيقته وعشيقته وزوجته وبعبع حياته وخصمه، وسوف تخلق مجالًا عاطفيًّا أشد قوة من تأثير أي شخص آخر في حياته، وسوف يجذبه هذا المجال ثم يصده بقوة رهيبة حتى إن عالِمًا مثله لم يستطع أن يسبر غوره.

التقى أينشتاين وماريتش عندما التحقا معًا بالمعهد الفني في أكتوبر/تشرين الأول ١٨٩٦، لكن تطور علاقتهما استغرق بعض الوقت، فليس في خطاباتهما أو ذكرياتهما ما يدل على أن علاقتهما خلال السنة الأولى بالمعهد تجاوزت حد الزمالة، غير أنهما قررا القيام برحلة معًا سيرًا على الأقدام في صيف ١٨٩٧، وفي ذلك الخريف قررت ماريتش أن تترك المعهد الفني بصورة مؤقتة، وأن تحضر بدلًا من ذلك كمستمعة في جامعة هيدلبيرج، وذلك «لشدة خوفها من المشاعر الجديدة التي كانت تحس بها» بسبب أينشتاين.[30]

وخطابها الأول الباقي إلى أينشتاين، الذي كتبته بعد بضعة أسابيع من انتقالها إلى هيدلبيرج، يُظهر ومضات من تجاذب عاطفي، لكنه يُبرز أيضًا لامبالاتها وثقتها بنفسها، فقد خاطبت أينشتاين بأنتم Sie الرسمية بالألمانية، بدلًا من أن تخاطبه بأنت du الأكثر ودًّا، وعلى عكس ماري فينتلر فقد أوضحت له مازحة أنها لم تنشغل بالتفكير فيه، مع أنه كتب لها خطابًا مطولًا جدًّا، وقالت: «لقد مضت الآن فترة طويلة منذ أن تلقيت خطابك، وكنت سأرد عليه فورًا وأشكرك على أنك أرهقت نفسك بكتابة أربع صفحات مطولة، وكنت سأخبرك أيضًا بالسعادة التي شعرت بها في رحلتنا معًا، لولا أنك قلت إنني ينبغي أن أكتب إليك يومًا ما عندما يصيبني الملل، وأنا مطيعة جدًّا، وقد انتظرت طويلًا أن ينتابني الضجر؛ لكن انتظاري حتى الآن كان بلا جدوى.»

كان أكثر ما يميز ماريتش عن ماري فينتلر، هو ذلك التوقد الفكري في خطاباتها، ففي خطابها الأول هذا تحدثت بحماس عن المحاضرات التي كانت تحضرها لفيليب لينارد Philipp Lenard — الذي كان في ذلك الحين أستاذًا مساعدًا في هيدلبرج — عن النظرية الحركية التي تفسر خواص الغازات على أنها نتيجة

تأثير الملايين من الجزيئات الفردية، وكتبت: «كانت محاضرة الأستاذ لينارد أمس ممتعة، فهو يحاضر هذه الأيام عن النظرية الحركية للحرارة والغازات، وقد اتضح أن جزيئات الأكسجين تتحرك بسرعة تزيد عن ٤٠٠ متر في الثانية، ثم أخذ الأستاذ يجري حسابات ... وفي النهاية اتضح أنه على الرغم من أن الجزيئات تتحرك بهذه السرعة فإنها لا تنتقل إلا لمسافة ضئيلة جدًّا لا تتجاوز ١ / ١٠٠ من قطر الشعرة.»

لم تكن النظرية الحركية مقبولة بعد بصورة كاملة لدى المؤسسات العلمية (وكذلك وجود الذرات والجزيئات)، وأوضح خطاب ماريتش أنها لم تفهم الموضوع فهمًا عميقًا، وكانت هناك بالإضافة إلى ذلك مفارقة محزنة؛ فسوف يكون لينارد أحد الملهمين الأوائل لأينشتاين، لكنه سينقلب فيما بعد واحدًا من أشد المبغضين له والمعادين للسامية.

علقت ماريتش أيضًا على الأفكار التي وردت في خطاب أينشتاين السابق عن الصعوبة التي يواجهها الناس في فهم اللانهائية، وكتبت: «لا أعتقد أننا يجب أن نلقي باللائمة على تركيب المخ البشري لعجزه عن فهم اللانهائية، فالإنسان يستطيع تمامًا تخيل السعادة اللانهائية، ولا بد أنه يستطيع إدراك لانهائية الفضاء، وأظن أن هذا سيكون أيسر بكثير.» ونجد هنا صدى طفيفًا لهروب أينشتاين من التفكير «الشخصي المحض» إلى أمان التفكير العلمي؛ فهي ترى أن تخيل فضاء لانهائي أيسر على الإنسان من تخيل سعادة لانهائية.

ومع ذلك فقد كانت ماريتش أيضًا — كما يتضح من خطابها — تفكر في أينشتاين بطريقة أكثر شخصية، وقد تحدثت عنه أيضًا مع أبيها المتيم بها، وجاء في خطابها: «أعطاني أبي بعض التبغ لآخذه معي، وكان من المفترض أن أسلمه لك شخصيًّا، فقد كان يرغب في أن يثير شهيتك لبلدنا الصغير الذي يعج بالعصابات. لقد حدثته عنك كثيرًا، ولا بد أن تعود معي يومًا ما، وسوف يكون بينكما الكثير مما يقال!» وكان التبغ — على عكس إبريق شاي ماري فينتلر — الهدية التي يرغب فيها أينشتاين، لكن ماريتش قالت إنها لن ترسله له، «ستضطر لدفع رسوم عليه وبعدها ستلعنني.»[31]

لا بد أن هذا المزيج المتضارب من الدعابة والجد؛ من عدم الاكتراث وحرارة العاطفة؛ من التودد والانعزال؛ راق لأينشتاين، فهو مزيج عجيب لكنه واضح أيضًا في شخصية أينشتاين كذلك. ألح عليها أينشتاين أن تعود إلى زيورخ، وفي فبراير

١٨٩٨ قررت العودة، وكان في غاية السعادة، وكتب إليها: «أنا متأكد من أنك لن تندمي على قرارك، يجب أن تعودي بأسرع ما يمكن.»

وقد أعطاها نبذة عن الطريقة التي يدرس بها كل أستاذ مادته (واعترف لها بأن أستاذ الهندسة «عويص الفهم بعض الشيء») ووعد بمساعدتها في تعويض ما فاتها عن طريق المحاضرات التي كان يكتبها هو ومارسيل جروسمان، وكانت المشكلة الوحيدة أنها لن تتمكن من استعادة «غرفتها القديمة الجميلة» في البنسيون المجاور، وقال لها أينشتاين: «هذا جزاؤك أيتها الهاربة!»[32]

عادت ماريتش في أبريل/نيسان، وأقامت في نزل يقع على مقربة من النزل الذي يقيم به أينشتاين، وقد أصبحا عندئذ مرتبطين، فكانا يتبادلان الكتب، ويشتركان في الأنشطة الفكرية، ويستطيع كل منهما استخدام مسكن الآخر. وذات يوم نسي أينشتاين مرة أخرى مفتاح شقته، فذهب إلى شقتها واستعار كتاب فيزياء خاصًّا بها، وترك لها رسالة قصيرة كتب فيها: «لا تغضبي مني»، ولاحقًا في تلك السنة ترك لها رسالة قصيرة أضاف فيها: «أود أن آتي لزيارتك هذا المساء لأقرأ معك، إن لم تمانعي في ذلك.»[33]

كان الأصدقاء مندهشين أن رجلًا وسيمًا وجذابًا مثل أينشتاين الذي يمكن أن تقع في حبه أي امرأة، يجد ضالته في فتاة صربية قصيرة عرجاء تفتقر إلى الجمال وتبدو عليها علامات الاكتئاب، وقال له أحد زملائه: «لن أجازف أبدًا بالزواج من امرأة ما لم تكن سليمة البدن تمامًا»، فرد أينشتاين: «لكنها تتمتع بصوت جميل.»[34]

كانت أم أينشتاين متيمة بماري فينتلر، وكانت تنظر بعين الريبة لتلك المثقفة السمراء التي حلت محلها، وكتب أينشتاين من ميلانو حيث كان يزور أبويه خلال إجازة الربيع عام ١٨٩٩: «كان لصورتك تأثير بالغ على والدتي، وبينما كانت تفحصها بعناية، قلت بتعاطف شديد: «أجل، إنها بالتأكيد فتاة ذكية»، وقد تحملت بالفعل مضايقات كثيرة بهذا الشأن.»[35]

من السهل أن نعرف سبب انجذاب أينشتاين بشدة إلى ماريتش، فقد كانا روحين متقاربين، وكانا يريان أنفسهما طالبي علم غريبين منعزلين عن الناس، وكان بهما شيء من الثورة على التطلعات البرجوازية، وكانا مفكرين يبحث كل منهما عن محبوب يكون أيضًا رفيقًا وزميلًا ومساعدًا. وقد كتب إليها أينشتاين: «إن كلًّا منا يفهم جيدًا الجوانب الخفية في نفس الآخر، وقد احتسينا القهوة معًا، وأكلنا المقانق، إلى غير ذلك.»

كانت لأينشتاين طريقة في جعل عبارة «إلى غير ذلك» تبدو خبيثة، فقد اختتم خطابًا آخر بقوله: «مع أطيب تمنياتي، إلى غير ذلك، وخاصة «إلى غير ذلك».» وبعد أن غاب عنها بضعة أسابيع، دون الأشياء التي يحب أن يفعلها معها: «قريبًا سأكون مع حبيبة قلبي مرة أخرى، وسأستطيع أن أقبلها، وأعانقها، وأصنع القهوة معها، وأعنفها، وأذاكر معها، وأضحك معها، وأسير معها، وأثرثر معها، إلى ما لا نهاية!» وكانا يتباهيان باشتراكهما في غرابة الأطوار، وقد كتب أينشتاين ذات مرة: «لا أزال وغدًا كما كنتُ دائمًا، مليئًا بالنزوات العارضة ومولعًا بالأذى، ومتقلب المزاج كما كنت دائمًا!»[36]

أحب أينشتاين ماريتش فوق كل ذلك من أجل عقلها، وكتب إليها ذات مرة: «كم سأكون فخورًا عندما تحصل حبيبتي على شهادة الدكتوراه.» كانت هناك فيما يبدو علاقة متشابكة بين العلم والرومانسية. وعندما كان في إجازة مع أسرته عام ١٨٩٩، كتب أينشتاين في خطاب إلى ماريتش: «عندما قرأت هيلمولتز للمرة الأولى لم أستطع — ولا أزال لا أستطيع — أن أصدق أنني كنت أقرؤه دون أن تكوني إلى جواري، إنني أستمتع بالعمل معك وأجده لطيفًا وأقل إملالًا أيضًا.»

والواقع أن معظم رسائلهما كانت تمزج بين التعبير عن العواطف والحديث عن الأنشطة العلمية، مع التأكيد على الأنشطة العلمية، وقد تنبأ في أحد الخطابات — على سبيل المثال — ليس فقط بالعنوان بل أيضًا ببعض المفاهيم التي سيضمها بحثه العظيم عن النسبية الخاصة، وكتب: «أزداد اقتناعًا كل يوم بأن الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة في صورتها الحالية لا تتفق مع الواقع، وسيصبح من الممكن تقديمها بطريقة أبسط. إن استخدام مصطلح «الأثير» في نظريات الكهربية أدى إلى تصور وسط يمكن وصف حركته — في رأيي — دون أن نستطيع تفسيرها تفسيرًا فيزيائيًّا.»[37]

وعلى الرغم من أن هذا المزيج من الارتباط الفكري والعاطفي كان يروق له، فقد كان يحن بين الحين والآخر إلى فتنة الرغبة البسيطة التي كانت تمثلها ماري فينتلر، وقد أخبر ماريتش بذلك بسبب افتقاره إلى اللباقة الذي كان يراه نوعًا من الصراحة (أو ربما بسبب رغبته الخبيثة في تعذيبها). وبعد إجازته الصيفية عام ١٨٩٩، قرر أن يأخذ شقيقته لكي تلتحق بمدرسة في آرو حيث تعيش ماري، وكتب لماريتش يطمئنها أنه لن يقضي وقتًا طويلًا مع صديقته السابقة، لكنه كتب وعده

بطريقة جاءت أقرب إلى إثارة القلق منها إلى بعث الطمأنينة، وربما تعمد ذلك. قال أينشتاين: «لن أكثر الآن من الذهاب إلى آرو، لأن الفتاة التي كنت مولعًا بها منذ أربع سنوات ستعود إلى بيتها. أشعر بأمان تام في حصني العالي من الهدوء، لكنني أعرف أنني سأجن إذا قابلتها بضع مرات أخرى، أنا على يقين من ذلك وأخشاه كالجحيم.»

غير أن أينشتاين — لحسن حظ ماريتش — ينتقل في خطابه لوصف ما سيفعلانه حينما يلتقيان في زيورخ، تلك الفقرة التي أوضح فيها أينشتاين مرة أخرى لماذا كانت علاقتهما متميزة، فقال: «أول شيء سنفعله معًا هو تسلق جبل أوتليبرج Ütliberg، والاستمتاع باجترار ذكرياتنا» عن الأشياء التي قاما بها معًا في رحلات السير على الأقدام، وكتب: «أستطيع بالفعل أن أتصور المتعة التي سنعيشها معًا»، ثم أنهى خطابه قائلًا: «وبعد ذلك سوف نبدأ في دراسة النظرية الكهرومغناطيسية للضوء لهلمولتز.»[38]

وفي الشهور التالية، أصبحت خطاباتهما أكثر حميمية وعاطفية، فقد بدأ يدعوها بدوكسيرل (دوللي) وأيضًا «فتاتي الصغيرة الشقية»، وكانت تدعوه بـ«يوهانزل» (جوني) و«حبيب قلبي الشرير»، وفي بداية عام ١٩٠٠ صارا يخاطبان أحدهما الآخر بكلمة «أنت» du غير الرسمية، وهو أمر بدأته ماريتش برسالة قصيرة نورد فيما يأتي نصها بالكامل:

> **صغيري جوني،**
>
> لأنني أحبك كثيرًا، ولأنك بعيد عني ولا أستطيع أن أقبلك قبلة صغيرة، فأنا أكتب هذا الخطاب لأسألك إن كنت تحبني كما أحبك؟ أجبني على الفور.
>
> ألف قبلة من حبيبتك دوللي[39]

سنة التخرج — أغسطس/آب ١٩٠٠

كانت أمور أينشتاين الدراسية تسير على ما يرام؛ ففي امتحانات نصف العام في أكتوبر/تشرين الأول ١٨٩٨، كان ترتيبه الأول على دفعته الدراسية بمتوسط ٥٫٧ من ٦ درجات، وجاء في المركز الثاني صديقه مارسيل جروسمان الذي كان يدون محاضرات الرياضيات، وحصل على ٥٫٦ درجة.[40]

كان على أينشتاين قبل أن يتخرج أن يعد بحث التخرج، وفي البداية اقترح على الأستاذ فيبر أن يجري تجربة لقياس سرعة حركة الأرض خلال الأثير، تلك المادة التي كان يفترض أنها تسمح لموجات الضوء بالانتشار خلال الفضاء، وكان الرأي السائد — الذي سيحطمه بنظرية النسبية الخاصة — هو أن الأرض لو كانت تتحرك خلال هذا الأثير مقتربة أو مبتعدة عن مصدر ضوئي، لاستطعنا أن نلاحظ اختلافًا في سرعة الضوء المرصودة.

وخلال زيارته إلى آرو في نهاية إجازته الصيفية عام ١٨٩٩، بحث هذا الموضوع مع رئيس مدرسته القديمة هناك، وكتب إلى ماريتش: «كانت لدى فكرة جيدة لاختبار تأثير حركة الجسم بالنسبة للأثير على سرعة انتشار الضوء»، وكانت فكرته تتضمن صنع جهاز يستخدم مرآتين بزاويتين مختلفتين «حتى ينعكس الضوء القادم من مصدر واحد في اتجاهين مختلفين» بحيث يسير جزء من أشعة الضوء في اتجاه حركة الأرض ويسير الجزء الآخر في اتجاه عمودي عليها، وفي محاضرة تحدث فيها أينشتاين عن كيفية اكتشافه للنسبية ذكر أن فكرته كانت تعتمد على شطر شعاع الضوء إلى جزأين، وعكس هذين الجزأين في اتجاهين مختلفين، ثم رؤية هل يوجد «اختلاف في الطاقة إذا كان اتجاه الشعاع على طول حركة الأرض أم لا خلال الأثير»، وقد افترض أن قياس ذلك يمكن أن يجرى «باستخدام مزدوج حراري لقياس الفارق في الحرارة المتولدة فيهما.»[41]

رفض فيبر الاقتراح، وما لم يدركه أينشتاين تمامًا هو أن علماء كثيرين قد أجروا تجارب مشابهة على هذا الموضوع، ومن بينهم الأمريكيان ألبرت مايكلسون Albert Michelson وإدوارد مورلي Edward Morley، ولم يتمكن أي منهم اكتشاف أي دليل على وجود الأثير المحير، أو على أن سرعة الضوء تختلف وفقًا لحركة المشاهد أو مصدر الضوء. وبعد مناقشة الموضوع مع فيبر، قرأ أينشتاين بحثًا قدمه في السنة السابقة فيلهلم فين Wilhelm Wien عرض فيه بإيجاز ثلاث عشرة تجربة أُجريت لاكتشاف الأثير، بما فيها تجربة مايكلسون ومورلي.

أرسل أينشتاين للأستاذ فين بحثه النظري عن هذا الموضوع، وطلب منه أن يوافيه بالرد، وقال أينشتاين لماريتش: «إنه سوف يرسل لي الرد عن طريق المعهد الفني، فإذا رأيتِ خطابًا هناك لي، فافتحيه في الحال»، وليس هناك دليل على أن فين وافاه بأي رد.[42]

كان البحث الثاني المقترح من أينشتاين يدور حول بحث العلاقة بين قدرة المواد المختلفة على توصيل الحرارة وقدرتها على توصيل الكهرباء، وهو الأمر الذي أوحت به نظرية الإلكترون، ويبدو أن فيبر لم يستحسن هذه الفكرة أيضًا، لذا اضطر أينشتاين وماريتش إلى القيام بدراسة عن توصيل الحرارة فقط، وهو واحد من مجالات اختصاص فيبر.

فيما بعد وصف أينشتاين بحثي تخرجهما بأنهما «لا يمثلان أهمية لي»، وأعطى فيبر لأينشتاين وماريتش أقل درجتين في المقالات في الفصل، ٤,٥ و٤ على الترتيب؛ وبالمقارنة حصل جروسمان على ٥,٥، وازداد الموقف سوءًا عندما قال فيبر إن أينشتاين لم يلتزم في كتابة بحثه بلائحة تعليمات صحيحة، وأجبره على أن يعيد كتابة المقال كله مرة أخرى.[43]

وعلى الرغم من الدرجة المنخفضة التي حصل عليها أينشتاين في مقاله، فقد نجح بمتوسط ٤,٩ في المجموع النهائي للدرجات، وجاء ترتيبه الرابع على دفعته التي كانت تضم خمسة طلاب، ومع أن التاريخ يفند الخرافة التي تقول إن أينشتاين رسب في امتحان الرياضيات في المدرسة الثانوية، فقد تخرج من كليته وترتيبه الرابع من بين خمسة طلاب.

غير أنه تخرج على الأقل، وكان متوسط درجاته ٤,٩ كافيًا لحصوله على شهادته التي حصل عليها رسميًّا في يوليو/تموز ١٩٠٠، لكن ميليفا ماريتش حصلت على ٤ درجات فقط، وهي أقل الدرجات في دفعتها، ولم يسمح لها بالتخرج، وقد صممت على أن تحاول مرة أخرى في العام التالي.[44]

ليس غريبًا أن سنوات دراسة أينشتاين بالمعهد الفني كانت تتميز باعتزازه باستقلاليته في الرأي، ويقول واحد من زملاء دراسته: «لقد تأكدت روحه الاستقلالية ذات يوم في الفصل عندما ذكر الأستاذ إجراء تأديبيًّا بسيطًا اتخذته إدارة المعهد»، واحتج أينشتاين، فقد كان يشعر أن الشرط الأساسي للتعليم هو «الحاجة إلى الحرية الفكرية.»[45]

وسيظل أينشتاين طوال حياته يتحدث بحب عن المعهد الفني بزيورخ، لكنه سيذكر أيضًا أنه لم يكن يحب النظام الصارم الذي كان سمة أساسية في نظام الامتحانات، وقال: «بالطبع كانت المشكلة في هذا أن الطالب يضطر لأن يكدس كل هذه المواد في عقله من أجل الامتحانات، سواء أحبها أم لا. كان لهذا الإكراه تأثير

معوِّق، حتى إنني ظللت طوال عام كامل بعد أن اجتزت الامتحان النهائي أجد التفكير في أية مسائل علمية أمرًا كريهًا.»[46]

والواقع أن هذا لم يكن أمرًا واردًا ولا حقيقيًا، فقد شفي في غضون أسابيع، وأخذ معه بعض الكتب العلمية، ومنها كتب جوستاف كيرتشوف ولودفيج بولتزمان، عندما لحق بأمه وشقيقته في ذلك الصيف في إجازاتهم الصيفية في جبال الألب السويسرية. وكتب إلى ماريتش: «إنني أذاكر كثيرًا، ولاسيما أبحاث كيرتشوف الشهيرة عن حركة الجسم الصلب.» وقد اعترف لها بأن استياءه من الامتحانات قد انتهى، وقال: «لقد هدأت أعصابي بدرجة كافية حتى إنني أستطيع العمل بسعادة مرة أخرى. كيف حال أعصابك أنت؟»[47]

الفصل الرابع

العاشقان

١٩٠٠–١٩٠٤



مع ميليفا وهانز ألبرت أينشتاين، ١٩٠٤

الإجازة الصيفية ١٩٠٠

كان أينشتاين عندئذ شابًّا حديث التخرج يحمل معه كتاب كيرتشوف وغيره من مراجع الفيزياء، وقد وصل في نهاية يوليو/تموز ١٩٠٠ لقضاء إجازته الصيفية مع عائلته في ميلختال Melchtal، وهي قرية تقع فوق جبال الألب

السويسرية ما بين بحيرة لوسيرن والحدود الشمالية لإيطاليا، وكانت تصحبه «عمته البغيضة» جوليا كوخ Julia Koch، وكان بانتظارهم في محطة القطار أمه وشقيقته اللتان أمطرتاه بالقبلات، وبعد ذلك احتشد الجميع في عربة لصعود الجبل.

وعندما اقتربوا من الفندق، نزل أينشتاين وشقيقته من السيارة لكي يسيرا، وأسرَّت إليه مايا بأنها لم تجرؤ على أن تناقش مع أمهما علاقته بميليفا ماريتش، المعروفة في الأسرة بـ«بمسألة دوللي»، وهو اللقب الذي يدللها به، وطلبت منه أن يترفق في حديثه مع والدته. ومع ذلك فلم يكن من طبيعة أينشتاين أن «يمسك لسانه» كما قال فيما بعد في خطابه إلى ماريتش عن المشادة التي وقعت، ولم يكن من طبيعته أن يحافظ على مشاعر ماريتش بأن يكتم عنها التفاصيل الدرامية لما حدث.[1]

ذهب أينشتاين إلى غرفة أمه، وبعد أن أخبرها عن امتحاناته سألته: «وما مصير علاقتك بدوللي الآن؟»

رد أينشتاين: «زوجتي»، وهو يحاول التظاهر بنفس اللامبالاة التي استعملتها أمه في سؤالها.

يذكر أينشتاين أن أمه «ألقت بنفسها على السرير، ودفنت رأسها في الوسادة، وأخذت تبكي كالأطفال»، واستطاعت في النهاية أن تستعيد رباطة جأشها وتواصل الهجوم، فقالت: «إنك تدمر مستقبلك وتحطم فرصك، فلن تقبلها أية أسرة محترمة، وإذا أصبحت حاملًا فسوف تصبح في ورطة حقيقية.»

عند ذلك جاء دور أينشتاين ليفقد رباطة جأشه، وقال لماريتش: «لقد أنكرت بشدة أننا نعيش في الخطيئة، ووبختها بعنف.»

وقبل أن يندفع خارجًا دخلت صديقة أمه، وهي «سيدة مرحة ضئيلة الجسد؛ امرأة عجوز لطيفة المعشر»، وعلى الفور اندفعتا دون توقف في الثرثرة عن الطقس والضيوف الجدد في المنتجع، والأطفال سيئي السلوك، ثم ذهبتا لتناول الطعام وعزف الموسيقى.

تعاقبت فترات العواصف والهدوء طوال العطلة، وبين الحين والآخر كلما ظن أينشتاين أن الأزمة قد انتهت أثارت أمه الموضوع من جديد، وعنفته ذات مرة قائلة: «إنها مثلك مجرد كتاب، ولكنك تحتاج إلى زوجة»، وفي مرة أخرى أثارت موضوع

أن ماريتش في الرابعة والعشرين وهو في الحادية والعشرين، وقالت: «عندما تصل إلى الثلاثين، ستكون هي عجوزًا شمطاء.»

تدخل والد أينشتاين الذي لا يزال يعمل في ميلانو في النزاع «بخطاب أخلاقي»، وكان المبرر الأساسي لوجهة نظر والديه — على الأقل عندما تطبق على وضع ميليفا ماريتش، وليس ماري فينتلر — هي أن الزوجة «ترف» لا يتحمله الرجل إلا عندما يستطيع توفير معيشة مريحة، وقال أينشتاين لماريتش: «إنني أمقت هذه الرؤية للعلاقة بين الزوج وزوجته، لأنها لا تفرق بين الزوجة والعاهرة إلا من حيث أن الزوجة تستطيع أن تضمن لنفسها عقدًا مدى الحياة.»[2]

كان يبدو في بعض الأحيان خلال الأشهر التالية أن والديه قد قررا قبول علاقتهما، وكتب أينشتاين إلى ماريتش في أغسطس/آب: «شيئًا فشيئًا تستسلم أمي للأمر الواقع»، وبالمثل كتب في سبتمبر/أيلول: «يبدو أنهما روضا أنفسهما على قبول ما لا مفر منه، أعتقد أنهما سوف يحبانك كثيرًا بمجرد أن يتعرفا إليك»، وكتب مرة أخرى في أكتوبر/تشرين الأول: «انسحب والداي على مضض من معركة دوللي، الآن وقد أدركا أنهما سيخسرانها.»[3]

ولكن كثيرًا ما كانت تستعر مقاومتهما من جديد بعد كل فترة من القبول، ويتصاعد غضبهما بصورة مفاجئة إلى درجة الهياج الجنوني، وكتب أينشتاين في نهاية أغسطس/آب: «كثيرًا ما تبكي أمي بمرارة، ولا أنعم بلحظة واحدة من السلام. إن والدي يبكيان من أجلي كما لو كنت قد فارقت الحياة، ويشكوان مرة تلو المرة من أنني جلبت البلاء على نفسي بحبي لك، فهما يعتقدان أنك مريضة.»[4]

لم يكن المبرر الأساسي لجزع والديه أن ماريتش لم تكن يهودية، فماري فينتلر أيضًا لم تكن يهودية، ولا أنها كانت صربية، مع أن ذلك لم يقو موقفها بالتأكيد، ويبدو أنهما كانا يعتبرانها زوجة غير مناسبة للعديد من الأسباب التي رآها بعض أصدقاء أينشتاين: أنها تكبره سنًّا، وأنها معتلة الصحة بعض الشيء، وأنها دميمة وعرجاء، وأنها مثقفة ذكية لكنها ليست ألمعية.

كل هذا الضغط العاطفي أذكى الغرائز المتمردة لدى أينشتاين وزاد ميله نحو «الفتاة المتشردة الطائشة» كما كان يدعوها، وكتب إليها: «الآن فقط أدرك كم أحبك بجنون!» ظلت العلاقة بينهما — كما يتضح من خطاباتهما — مزيجًا متعادلًا من الفكر والعاطفة، غير أن الجزء العاطفي كان يفيض الآن يشتعل بلهيب غير متوقع

لمن وصف نفسه بأنه شخص انعزالي، وقد كتب ذات مرة: «لقد أدركت أنني لم أستطع أن أقبلك طوال شهر كامل، وأنا أتوق إليك بشدة.»

وخلال رحلة سريعة إلى زيورخ في أغسطس/آب للوقوف على فرص عمله، وجد نفسه يسير بلا هدف وهو في حالة من الذهول، فكتب: «بدونك أفقد الثقة في نفسي، والاستمتاع بعملي، والاستمتاع بالحياة، باختصار بدونك لا تصير حياتي حياة.» بل إنه حاول أن يخط لها قصيدة بيده تبدأ بـ«رباه! ذاك الصبي جوني! مجنون بك ويستعر رغبة. عندما يفكر فيك. تشتعل النار بوسادته.»[5]

بيد أن عاطفتهما كانت من النوع السامي، على الأقل في عقليهما. مع الصفوة المنعزلة من الشباب المترددين على المقاهي الألمانية الذين يدمنون فلسفة شوبنهاور، وقد أوضحا بغير خجل الفارق الخفي بين روحيهما الساميتين وبين الغرائز المتدنية التي يسعى وراءها العامة. وكتب لها أثناء معركته مع عائلته في أغسطس/آب: «في حالة أبي وأمي — كما هو الحال مع معظم الناس — تتحكم الأحاسيس تحكمًا مباشرًا في العواطف، وبفضل الظروف السعيدة التي نحياها، فإن الاستمتاع بالحياة في حالتنا أصبحت له آفاقًا أوسع.»

ويذكر لأينشتاين أنه نبه ماريتش (ونفسه) قائلًا: «يجب ألا ننسى أن حياة والدي وأمثالهما هي التي تجعل وجودنا ممكنًا»، فالفطرة البسيطة والصادقة لأناس مثل والديه هي التي ضمنت تقدم الحضارة، «ولذا أحاول حماية والديَّ دون أن أضحي بشيء أراه مهمًّا بالنسبة لي، وهذا يعني أنت يا حبيبة قلبي!»

وفي محاولة لاسترضاء أمه أصبح أينشتاين ابنا خفيف أثناء إقامتهم في جراند أوتيل بمليختال. وقد وجد وجبات الطعام زائدة عن الحاجة، و«النزلاء المغالين في التأنق» كسولين ومدللين، لكنه عزف على الكمان بحكم الواجب لأصدقاء أمه، والتزم الكياسة في الحوار، وتظاهر بالسعادة، وقد نجح. وكتب لماريتش: «كانت شعبيتي بين الضيوف هنا ونجاح موسيقاي كالبلسم الشافي على قلب أمي.»[6]

أما والد أينشتاين فقد رأى أينشتاين أن أفضل طريقة لتهدئته وإزالة بعض من التوتر الناشئ عن علاقته بماريتش هي أن يزوره في ميلانو، ويتجول في بعض محطات توليد الكهرباء التي أنشأها حديثًا، ويطلع على أحوال شركة الأسرة «حتى أستطيع أن أحل محل أبي عند الضرورة»، وبدا هيرمان أينشتاين مسرورًا حتى إنه وعد باصطحاب ولده إلى فينيسيا بعد الانتهاء من جولته التفقدية، فقد كتب

أينشتاين: «سوف أرحل إلى إيطاليا يوم السبت للمشاركة في القربان المقدس الذي يقدمه أبي، لكن السوابي الباسل[1] ليس خائفًا.»

مضت زيارة أينشتاين مع والده على نحو طيب معظم الوقت، ومع أن أينشتاين كان بعيدًا عن عائلته فقد كان ابنًا بارًّا، وكان يقلق بشدة لكل أزمة مالية تصيب الأسرة، ربما أكثر من والده، غير أن العمل كان يسير على ما يرام في الوقت الحالي، ورفع هذا من الروح المعنوية لهيرمان أينشتاين، وكتب أينشتاين لماريتش: «والدي شخص مختلف تمامًا حاليًّا بعد أن تبددت مخاوفه المالية»، ولم تطف «مسألة دوللي» على السطح بطريقة تجعله يفكر في إنهاء زيارته إلا مرة واحدة، لكن تهديده بالرحيل أفزع والده بشدة حتى إنه قرر الالتزام بخطته الأصلية، وقد بدا مغتبطا لأن والده يقدِّر صحبته ويقدِّر استعداده للاهتمام بشئون الأسرة.[7]

وعلى الرغم من استخفاف أينشتاين أحيانًا بفكرة أن يكون مهندسًا، فقد كان من المحتمل أن يسير في هذا الاتجاه في نهاية صيف عام ١٩٠٠، وخاصة لو طلب منه والده ذلك أثناء رحلتهما إلى فينيسيا، أو لو اضطرته الظروف إلى تولي أعمال والده، فقد كان على أية حال خريجًا من كلية للمعلمين ذا ترتيب منخفض، وبدون وظيفة تدريس، وبدون أية إنجازات بحثية، وبالتأكيد بدون رعاة أكاديميين.

ولو أنه اتخذ هذا القرار عام ١٩٠٠، لأصبح أينشتاين على الأرجح مهندسًا على درجة عالية من الكفاءة، لكن ليس مهندسًا عظيمًا. وسوف يهتم خلال السنوات التالية بالاختراعات كهواية، ويتوصل إلى بعض الأفكار الجيدة لأجهزة تتراوح ما بين الثلاجات عديمة الضوضاء وآلة لقياس الكهرباء ذات الجهد شديد الانخفاض، لكن أيًّا من هذه الأفكار لم تنتج شيئًا يعد طفرة في مجال الهندسة أو يحقق نجاحًا في السوق. ومع أنه كان سيصبح مهندسًا أكثر عبقرية من أبيه وعمه، فلا يبدو أنه كان سيحقق نجاحًا ماليًّا أكبر.

من بين الأشياء العديدة المدهشة في حياة ألبرت أينشتاين تلك المصاعب التي واجهها في الحصول على وظيفة بالتدريس، بل إنه لن يُمنح وظيفة مدرس بالجامعة قبل تسع سنوات من تخرجه من المعهد الفني بزيورخ عام ١٩٠٠، وأربع سنوات

---

[1] إن عبارة «السوابي الباسل» التي استخدمها أينشتاين كثيرًا للإشارة إلى نفسه جاءت من قصيدة «حكاية سوابية» لـلودفيج أولاند Ludwig Uhland.

بعد سنة تحقيق المعجزة، وهي السنة التي لم يقلب فيها الفيزياء رأسًا على عقب فحسب، بل أجيزت فيها أخيرًا رسالته للدكتوراه.

لم يكن التأخير نتيجة لعدم رغبة من جانبه، ففي منتصف أغسطس/آب ١٩٠٠ بين العطلة التي قضاها مع أسرته في ميلختال وزيارته لوالده في ميلانو، رجع أينشتاين إلى زيورخ للإعداد للحصول على وظيفة مساعد أستاذ في المعهد الفني، وكان من المعتاد أن يحصل كل خريج على وظيفة كهذه إذا رغب في ذلك، وكان أينشتاين واثقا من حصوله عليها، وقد رفض في الوقت نفسه عرضًا من صديق لمساعدته في الحصول على وظيفة في شركة تأمين، ووصفها بأنها «ثمان ساعات يوميًّا من العمل الشاق دون استخدام العقل»، وكما قال لماريتش: «يجب أن يتجنب المرء الأمور التي توقف العقل عن التفكير.»[8]

كانت مشكلته أن أستاذي الفيزياء بالمعهد الفني كانا يدركان تمامًا وقاحته، لكنهما لم يعرفا شيئًا عن عبقريته، فحصوله على وظيفة مع الأستاذ برنيه الذي وبخه من قبل لم يكن واردًا على الإطلاق، أما الأستاذ فيبر فقد أصيب بحساسية من أينشتاين لدرجة أنه عين طالبين من قسم الهندسة مساعدين له عندما لم يجد خريجين من قسم الفيزياء والرياضيات غير أينشتاين.

ولم يتبق سوى أستاذ الرياضيات أدولف هورفيتس Adolf Hurwitz، فعندما حصل أحد مساعدي هورفيتس على وظيفة تدريس في مدرسة ثانوية، زف أينشتاين هذا الخبر السعيد إلى ماريتش: «هذا يعني أنني سأصبح مساعدًا لهورفيتس، إن شاء الله.» ولسوء حظه أنه تغيب عن معظم محاضرات هورفيتس، وهي إهانة يبدو أن هورفيتس لم ينسها.[9]

في أواخر سبتمبر/أيلول كان أينشتاين لا يزال يقيم مع والديه في ميلانو، ولم يكن قد تلقى عرضًا بعد، وقال: «أنوي الذهاب إلى زيورخ في الأول من أكتوبر/تشرين الأول للتحدث مع هورفيتس شخصيًّا بشأن هذه الوظيفة، فهذا بالتأكيد أفضل من الكتابة إليه.»

وقد خطط وهو في زيورخ أيضًا للبحث عن وظيفة كمعلم خاص لتعينهما على نفقاتهما حتى تستعد ماريتش لدخول الامتحانات مرة ثانية، «ومهما حدث، فسوف نحيا أسعد حياة في العالم، ننعم بعمل محبب، وبوجودنا معًا، والأفضل من ذلك أنه لم يعد لأحد سلطان علينا، وأننا نستطيع الوقوف على قدمينا، والاستمتاع بشبابنا

كيفما نشاء. من ذا الذي يستطيع أن يحيا أفضل من ذلك؟ وعندما ندخر معًا بعض النقود، يمكننا شراء دراجات، والقيام بجولة بالدراجة كل أسبوعين.»[10]

قرر أينشتاين آخر الأمر أن يكتب لهورفيتس بدلًا من زيارته، وربما كان هذا القرار خطأً منه، فلم يكن خطاباه مثالين لأجيال المستقبل التي تسعى لتتعلم كيف تكتب طلب وظيفة، فقد أقر من تلقاء نفسه بأنه تغيب عن محاضرات التفاضل لهورفيتس، وأنه كان يولي اهتمامًا أكبر للفيزياء عن الرياضيات، وقال بصورة أقرب ما تكون إلى الاعتذار الواهي: «لقد منعني ضيق الوقت من المشاركة في حلقة الرياضيات الدراسية، فلا يرجح كفتي إلا أنني حضرت معظم المحاضرات»، ثم أضاف بطريقة وقحة نوعًا ما أنه متلهف للرد لأن «منح الجنسية في زيورخ — الذي تقدم بطلب للحصول عليه — يشترط حصوله على وظيفة ثابتة.»[11]

كان أينشتاين واثقًا بنفسه بقدر ما كان متلهفًا للرد، وقال بعد ثلاثة أيام فقط من إرساله الخطاب: «لم يكتب لي هورفيتس بعد، لكنني لا أكاد أشك في أنني سأحصل على الوظيفة.» ولم ينل الوظيفة، بل إنه أصبح الخريج الوحيد في قسمه بالمعهد الفني الذي لم تعرض عليه وظيفة. وقال بعد ذلك: «فجأة تخلى عني الجميع.»[12]

في نهاية أكتوبر/تشرين الأول ١٩٠٠ عاد هو وماريتش إلى زيورخ حيث قضى معظم أيامه مقيمًا في شقتها يقرأ ويكتب، وفي طلبه للجنسية ذلك الشهر كتب «لا يوجد» في خانة السؤال عن ديانته، وكتب عن وظيفته: «أنا أعطي دروسًا خصوصية مؤقتًا في الرياضيات حتى أحصل على وظيفة ثابتة.»

لم يجد طوال ذلك الخريف إلا ثمانية وظائف متفرقة كمعلم خاص، وأوقف أقاربه دعمهم المالي له، لكن أينشتاين كان يُظهر التفاؤل، وكتب لصديقة ماريتش: «إننا نعيش على ما نحصل عليه من الدروس الخصوصية، كلما واتتنا الفرصة لذلك، وهي لا تزال فرصة ضعيفة. أليست هذه حياة عامل بأجر يومي أو حياة غجري؟ غير أنني أعتقد أننا سوف نظل سعداء بها كما كنا دائمًا.»[13] وما جعله سعيدًا — بالإضافة إلى وجود ماريتش — هو الأبحاث النظرية التي كان يكتبها وحده.

أول بحث منشور لأينشتاين

كان أول هذه الأبحاث عن موضوع مألوف لمعظم أطفال المدارس: الخاصية الشعرية التي — من بين تأثيرات أخرى — تجعل الماء يلتصق بجدار الأنبوب ويرتفع لأعلى،

وعلى الرغم من أنه وصف هذه المقالة فيما بعد بأنها «عديمة القيمة»، فقد كانت مهمة لكتاب سيرته، فهي لم تكن أول بحث ينشر لأينشتاين فحسب، لكنها أظهرت أنه يؤمن إيمانًا عميقًا بفرضية — لم تكن مقبولة تمامًا بعد — ستكون أساسًا لمعظم أعماله على مدى السنوات الخمس التالية؛ وهي أن الجزيئات (والذرات المكونة لها) موجودة بالفعل، وأنه يمكن تفسير العديد من الظواهر الطبيعية بتحليل كيفية تفاعل هذه الجسيمات بعضها مع بعض.

وأثناء إجازته في صيف عام ١٩٠٠ كان أينشتاين يقرأ أعمال لودفيج بولتزمان الذي وضع نظرية عن الغازات تقوم على سلوك جزيئات لا حصر لها تتواثب هنا وهناك، وقال متحمسًا لماريتش في سبتمبر/أيلول: «إن بولتزمان رائع للغاية، وأنا مقتنع بشدة بصحة مبادئ نظريته، أي أنني مقتنع بأننا في الحقيقة نتعامل في حالة الغازات مع جسيمات منفصلة لها أحجام محددة تتحرك وفقًا لشروط معينة.»[14]

غير أن فهم الخاصية الشعرية يتطلب بحث القوى المؤثرة بين الجزيئات في السوائل وليس في الغازات، فهذه الجزيئات تتجاذب، وهو ما يفسر ظاهرة التوتر السطحي في السوائل، أو تكوُّن القطرات، بالإضافة إلى الخاصية الشعرية، وكانت فكرة أينشتاين هي أن هذه القوى قد تكون مشابهة لقوى الجاذبية التي وصفها نيوتن، والتي يتناسب فيها تجاذب جسمين تناسبًا طرديًّا مع كتلتيهما، وتناسبًا عكسيًّا مع المسافة الفاصلة بينهما.

بحث أينشتاين ما إذا كانت الخاصية الشعرية تخضع لمثل هذه العلاقة بالنسبة للوزن الذري للسوائل المختلفة، وكان متحمسًا فقرر أن يرى أن كان بإمكانه إيجاد بعض البيانات التجريبية لإجراء مزيد من الاختبارات لنظريته، وكتب إلى ماريتش: «يبدو أن النتائج التي حصلت عليها أخيرًا في زيورخ حول الخاصية الشعرية جديدة تمامًا على الرغم من بساطتها، عندما نعود إلى زيورخ سوف نحاول الحصول على بعض البيانات التجريبية عن هذا الموضوع … وإذا خرجنا من ذلك بواحد من قوانين الطبيعة فسوف نرسل النتائج إلى مجلة Annalen.»[15]

وانتهى به الأمر إلى إرسال بحث في ديسمبر/كانون الأول ١٩٠٠ إلى مجلة Annalen der Physik — أبرز الدوريات المتخصصة في الفيزياء في أوروبا — التي نشرت بحثه في مارس/آذار التالي، لم يكن البحث مكتوبًا ببراعة أو حماس أبحاثه

التي نشرها فيما بعد، وتوصف النتائج التي تضمنها بأنها — على أفضل تقدير — غير مؤكدة، وجاء فيه: «لقد انطلقت من الفكرة البسيطة لقوى التجاذب بين الجسيمات، واختبرت النتائج تجريبيًّا، واستخدمت قوى الجاذبية كمثال يقاس عليه»، وفي نهاية البحث أعلن بطريقة غير مؤكدة: «ولذا فإن مسألة وجود علاقة بين القوى التي نتحدث عنها وقوى الجاذبية — فضلًا عن طبيعة هذه العلاقة — يجب أن تترك مفتوحة تمامًا في الوقت الحالي.»[16]

لم يتلق البحث أية تعليقات، ولم يسهم بشيء في تاريخ الفيزياء، فقد كانت فرضيته الأساسية خاطئة، حيث إن التأثر بالمسافة ليس متساويًا في الأزواج المختلفة من الجسيمات،[17] لكنه كان أول بحث ينشر له، ويعني هذا أن له الآن مقالة مطبوعة يستطيع أن يرفقها بخطابات البحث عن وظيفة التي بدأ يغرق بها الأساتذة في جميع أنحاء أوروبا.

استخدم أينشتاين في خطابه إلى ماريتش كلمة «نحن» عند مناقشة خطط نشر البحث، وفي خطابين كتبهما في الشهر الذي تلا ظهور البحث تحدث أينشتاين عن «نظريتنا للقوى الجزيئية» و«بحثنا»، وهكذا بدأ جدل تاريخي عن مدى ما لماريتش من فضل في مساعدة أينشتاين في إبداع نظرياته.

ويبدو أنها في هذا البحث كانت مشغولة بالبحث عن بعض البيانات التي يحتاجها، وقد حملت خطاباته آخر أفكاره عن القوى الجزيئية، في حين لم تحو خطاباتها علمًا حقيقيًّا، وفي خطاب لإحدى صديقاتها المقربات بدت ماريتش كما لو كانت قد استقرت على دور العاشق الذي يمد يد العون بدلًا من الشريك العلمي، وكتبت: «كتب ألبرت بحثًا في الفيزياء من المحتمل أن ينشر قريبًا في مجلة Annalen der Physik، لا تتصورين كم أنا فخورة بحبيبي، فهذا ليس بحثًا عاديًّا، لكنه بحث في غاية الأهمية، إنه يتناول نظرية السوائل.»[18]

معاناة بلا عمل

مضت نحو أربع سنوات منذ أن تخلى أينشتاين عن جنسيته الألمانية، ومنذ ذلك الحين أصبح بلا دولة، وكان يوفر كل شهر بعض النقود لقاء الرسوم التي سيحتاج لدفعها ليصبح مواطنًا سويسريًّا، وهو وضع كان يرغب فيه بشدة، وأحد أسباب ذلك هو أنه أُعجب بالنظام السويسري وديمقراطيته، واحترامه الرقيق للأفراد وخصوصياتهم،

وقال فيما بعد: «أنا أحب السويسريين لأنهم بصورة عامة أكثر إنسانية من أي شعوب أخرى عشت بينها.»[19] وكانت هناك أيضًا أسباب عملية؛ فلكي يعمل موظفًا حكوميًّا، أو معلمًا في مدرسة حكومية، لا بد أن يكون مواطنًا سويسريًّا.

استجوبته السلطات في زيورخ استجوابًا كاملًا، وأرسلوا إلى ميلانو لطلب تقرير عن والديه، وفي فبراير/شباط ١٩٠١ اكتفوا بما توصلوا إليه، وأصبح أينشتاين مواطنًا سويسريًّا، وسوف يبقى محتفظًا بهذه الجنسية طوال حياته، حتى عندما يقبل جنسيات في ألمانيا (مرة أخرى) والنمسا والولايات المتحدة، والواقع أنه كان متشوقًا لأن يكون مواطنًا سويسريًّا حتى إنه تخلى عن رفضه للعسكرية، وتقدم للخدمة العسكرية عندما طُلب منه ذلك، وقد رُفض لأنه كان يعاني زيادة العرق من القدمين، وتسطحهما، ودوالي الأوردة. كان الجيش السويسري فيما يبدو انتقائيًّا للغاية، ولذا ختم على دفتر خدمته العسكرية «غير ملائم.»[20]

بيد أنه بعد بضعة أسابيع من حصوله على الجنسية السويسرية، أصر والداه على أن يعود إلى ميلانو ويعيش معهما، وكانا قد قررا في نهاية ١٩٠٠ أنه لا يمكنه البقاء في زيورخ بعد عيد الفصح ما لم يجد عملًا هناك، وعندما جاء عيد الفصح كان لا يزال دون عمل.

افترضت ماريتش — وكان افتراضها منطقيًّا — أن استدعاءه إلى ميلانو كان نتيجة كراهية والديه لها، وكتبت إلى إحدى صديقاتها: «ما أحزنني تمامًا حقيقة هو اضطرارنا للانفصال بهذه الطريقة الغريبة، بسبب الافتراءات والدسائس.» ونظرًا لشرود ذهنه الذي سيكون رمزًا له فيما بعد، ترك أينشتاين في زيورخ ملابس نومه، وفرشاة أسنانه، ومشطه، وفرشاة شعره (كان يستخدم فرشاة الشعر آنذاك)، وغير ذلك من أدوات الزينة الأخرى، وأعطى تعليماته لماريتش: «أرسلي كل شيء إلى أختي حتى تعيدها معها للبيت» ثم أضاف بعد أربعة أيام: «احتفظي بمظلتي حاليًّا، سوف نفكر كيف نتصرف فيها فيما بعد.»[21]

وفي زيورخ وبعد ذلك في ميلانو أرسل أينشتاين العديد من الرسائل بحثًا عن وظيفة، وزاد من توسلاته إلى الأساتذة في جميع أنحاء أوروبا، وكان يرفق معها بحثه عن الخاصية الشعرية الذي تبين أنه لا يحدث الأثر المطلوب تمامًا، ونادرًا ما كان أحد يأبه بالرد عليه، وكتب إلى ماريتش: «سرعان ما سأجد أنني قد شرفت بعرضي كل أساتذة الفيزياء من بحر الشمال حتى الطرف الجنوبي من إيطاليا.»[22]

في أبريل/نيسان عام ١٩٠١ وصلت الحال بأينشتاين إلى أن يشتري كومة من البطاقات البريدية مع مرفقات رد مدفوعة الأجر مقدمًا بالبريد في محاولة يائسة للحصول على رد، والمضحك أنه في الحالتين اللتين بقيت فيهما تلك الالتماسات البريدية، أصبحت بشكل مضحك مواد يسعى وراءها جامعوا مقتنيات أينشتاين، وقد أرسلت إحدى هاتين البطاقتين إلى أستاذ هولندي، وهي موجودة حاليًّا بمتحف ليدن لتاريخ العلوم. لم يتلق أينشتاين حتى رفضًا مجاملًا، وكتب إلى صديقه مارسيل جروسمان: «لم أترك حجرًا ألا وقلبته، ولم أتخل عن روح المرح، فقد خلق الله الحمار وأعطاه قدرة على التحمل.»[23]

من بين العلماء العظام الذين كتب إليهم أينشتاين فيلهلم أوستفالد Wilhelm Ostwald أستاذ الكيمياء في جامعة لايبتسيج Leipzig، الذي سينال جائزة نوبل بفضل إسهاماته في نظرية التخفيف، وقال أينشتاين: «إن عملكم في الكيمياء العامة ألهمني كتابة المقالة المرفقة»، ثم تحول الإطراء إلى توسل عندما سأله: «هل تحتاج فيزيائيًّا رياضيًّا؟» ثم ختم خطابه بتوسل: «أنا بلا نقود، ولن يساعدني على مواصلة دراستي إلا وظيفة من هذا النوع»، ولم يتلق ردًّا، وكتب مرة أخرى بعد أسبوعين آخرين بحجة «أنا لست متأكدًا إن كنت قد كتبت عنواني» في الخطاب الأول، «إن حكمك على بحثي يهمني جدًّا»، ولم يتلق ردًّا أيضًا.[24]

كان والد أينشتاين، الذي يقيم معه في ميلانو، يشارك ابنه معاناته في صمت، وحاول مساعدته بطريقة رقيقة للغاية؛ فعندما لم يصل رد بعد الخطاب الثاني الذي أرسله إلى أوستفالد، أخذ هيرمان أينشتاين على عاتقه — ودون علم ابنه — القيام بخطوة غير عادية ومحرجة دفعته إليها عاطفته، فكتب محاولًا إقناع أوستفالد بنفسه:

> أرجو أن تصفح عن أب بلغت به الجرأة أن يستنجد بك أيها الأستاذ المحترم لمصلحة ابنه. ألبرت في الثانية والعشرين، وقد درس أربع سنوات بالمعهد الفني بزيورخ، واجتاز الامتحان الصيف الماضي بنجاح كبير، وظل منذ ذلك الحين يحاول دون جدوى الحصول على وظيفة معيد التي سوف تمكنه من مواصلة تعليمه في الفيزياء، وكل من يحكمون عليه يمتدحون مواهبه، وأؤكد لك أنه في غاية الجد والاجتهاد، ويتعلق بعلمه بشغف كبير. وهو لذلك يشعر بتعاسة بالغة لكونه بلا عمل حاليًّا، ويقتنع شيئًا فشيئًا أنه

قد ضل الطريق في حياته العملية، وتثقل كاهله — فضلًا عن ذلك — فكرة أنه عبء علينا، ونحن أناس متوسطو الحال. وحيث إنك الشخص الذي يبدو أن ابني يعجب به ويقدره أكثر من أي عالم آخر في الفيزياء، فقد أعطيت نفسي حرية اللجوء إليك بطلبي المتواضع أن تقرأ بحثه، وأن تكتب له — إن أمكن — بضع كلمات تشجيعية حتى يستعيد مرحه وحبه للحياة والعمل، وإن استطعت بالإضافة إلى ذلك أن تمنحه وظيفة معيد، فإن امتناني لك سيكون بلا حدود. أرجو أن تغفر لي وقاحتي بالكتابة إليك، ولا يعرف ابني شيئًا عن خطوتي غير المعتادة.[25]

ولم يرد أوستفالد، غير أنه — في واحدة من مفارقات التاريخ الطريفة — سوف يصبح بعد تسع سنوات أول شخص يرشح أينشتاين للحصول على جائزة نوبل.

كان أينشتاين مقتنعًا بأن خصمه اللدود في معهد زيورخ الفني — أستاذ الفيزياء هنريخ فيبر — وراء كل هذه المصاعب، فبعد استعانته باثنين من المهندسين بدلًا من أينشتاين ليكونوا مساعدين له، كان الآن فيما يبدو يدلي بمعلومات سلبية عنه. وبعد تقدمه بطلب وظيفة مع الأستاذ إدوارد رايكي Eduard Reicke بجامعة جوتينجن Göttingen قال أينشتاين لماريتش يائسًا: «لقد أصابني القنوط من الحصول على هذه الوظيفة، لا أعتقد أن فيبر سوف يدع هذه الفرصة تمر دون أن يفعل شيئًا يؤذيني»، ونصحته ماريتش بأن يكتب إلى فيبر، وأن يواجهه مواجهة مباشرة، وأبلغها أينشتاين بأنه فعل ذلك، وقال: «ينبغي على الأقل أن يعرف أن ما يفعله ليس خافيًا علي، وقد كتبت له أنني أعرف أن حصولي على الوظيفة الآن متوقف على تقريره وحده.»

لم تفلح الكتابة إلى رايكي، فقد رُفض أينشتاين مرة أخرى، وكتب إلى ماريتش: «لم أندهش لرفض رايكي لي، فأنا مقتنع تمامًا بأن فيبر هو المسئول»، وأصابه الإحباط لدرجة أنه — على الأقل في ذلك الوقت — شعر أنه من العبث أن يكمل بحثه، وقال: «لم يعد يجدي في ظل هذه الظروف أن أكتب مرة أخرى إلى الأساتذة، فمن المؤكد أنهم جميعًا سوف يرجعون إلى فيبر لسؤاله عني، ولن يكون كلامه في مصلحتي.» وشكا إلى جروسمان قائلًا: «كان يمكن أن أجد عملًا منذ فترة طويلة لولا يد فيبر الخفية.»[26]

إلى أي حد لعبت معاداة السامية دورًا؟ أصبح أينشتاين يعتقد أنها عامل من العوامل، مما أدى به إلى البحث عن عمل في إيطاليا، حيث شعر أن معاداة

السامية لم تكن واضحة هناك، وكتب إلى ماريتش: «إحدى العقبات الأساسية في الحصول على وظيفة غير موجودة هنا، وهي معاداة السامية، وهي في الدول الناطقة بالألمانية بغيضة بقدر ما تمثل عقبة»، وكتبت ماريش بدورها إلى صديقتها عن الصعوبات التي يواجهها حبيبها: «أنت تعرفين أن له لسانًا سليطًا، وهو فوق ذلك يهودي.»[27]

وفي محاولته لإيجاد عمل في إيطاليا، استعان أينشتاين بأحد الأصدقاء الذين تعرف بهم أثناء دراسته في زيورخ، وهو مهندس يدعى ميكيلي أنجيلو بيسو، وكان بيسو يهوديًّا مثل أينشتاين ينتمي لأسرة من طبقة متوسطة تنقلت في أوروبا واستقرت آخر الأمر في إيطاليا، وكان يكبر أينشتاين بست سنوات، وعندما التقيا كان قد تخرج للتو من المعهد الفني، وكان يعمل في شركة هندسية، وقد نمت بينه وبين أينشتاين صداقة وثيقة دامت ما بقي من حياتيهما (فقد توفي أينشتاين بعد بضعة أسابيع من وفاة بيسو عام ١٩٥٥).

وبمرور السنوات سيشترك بيسو وأينشتاين في أدق الأسرار الشخصية وأعقد الأفكار العلمية، وكما كتب أينشتاين في واحد من المائتين وتسعة وعشرين خطابًا التي بقيت من مراسلاتهما: «ليس هناك من هو أقرب إليَّ منك، ولا يعرفني أحد بقدر ما تعرفني، ولا يعاملني أحد بود مثلما تعاملني.»[28]

كان بيسو يتمتع بذهن متوقد، لكنه كان يفتقر إلى التركيز والحماس والدأب، وقد طرد ذات مرة من المدرسة الثانوية مثل أينشتاين بسبب موقفه المتمرد (فقد أرسل خطابًا يشكو فيه من مدرس الرياضيات)، وكان أينشتاين يصف بيسو بأنه «واهن العزيمة ... لا يستطيع أن يتحمس لأي عمل في الحياة أو الإبداع العلمي، غير أنه يتمتع بعقل فذ، وعلى الرغم من افتقاره للنظام فإن عمله رائع.»

قدم أينشتاين بيسو إلى آنا فينتلر من آرو، وهي شقيقة ماري، وانتهى به الأمر إلى الزواج منها، وفي عام ١٩٠١ انتقل معها إلى تريستا، وعندما لحق به أينشتاين وجد بيسو ذكيًّا ومرحًا كما كان دائمًا، ومشتت الذهن بدرجة تثير الجنون، فقد كان رئيسه قد طلب منه منذ عهد قريب أن يتفقد محطة للكهرباء، وقرر بيسو السفر قبل الموعد بليلة حتى يضمن الوصول في موعده، لكن القطار فاته في تلك الليلة، ولم يتمكن من الوصول إلى هناك في اليوم التالي، واستطاع في النهاية أن يصل في اليوم الثالث، «لكنه فزع إذ أدرك أنه نسي ما عليه أن يفعله»، لذا بعث برسالة إلى المكتب

يطلب منهم أن يرسلوا إليه التعليمات مرة أخرى، وكان حكم الرئيس على بيسو أنه «شخص عديم الفائدة تمامًا، ويكاد يكون مضطرب العقل.»

كان حكم أينشتاين على بيسو أكثر ودًّا، فقد قال لماريتش: «إن ميكيلي أخرق إلى درجة مروعة.» وفي إحدى الأمسيات قضى أينشتاين وبيسو نحو أربع ساعات في حديث علمي، وتناولا خواص الأثير الغامض و«تعريف السكون المطلق»، وسوف تنضج هذه الأفكار بعد أربع سنوات في نظرية النسبية التي سيضعها مع بيسو الذي كان مرآة لأفكاره. وكتب أينشتاين إلى ماريتش: «إنه مهتم ببحثنا، مع أنه كثيرًا ما تغيب عنه الصورة الإجمالية للموقف لانشغاله باعتبارات تافهة.»

كان لدى بيسو بعض المعارف والأصدقاء الذين كان أينشتاين يأمل في الاستفادة منهم، فقد كان عمه أستاذ رياضيات في المعهد الفني في ميلانو، وكانت خطة أينشتاين أن يجعل بيسو يعرفه به، وقال: «سوف آخذ بتلابيبه، وأجره جرًّا إلى عمه حيث أتحدث معه بنفسي.» استطاع بيسو إقناع عمه بكتابة خطابات نيابة عن أينشتاين، لكن مساعيه لم تأت بنتيجة، وبدلًا من ذلك قضى أينشتاين الجزء الأعظم من عام ١٩٠١ في التنقل بين وظائف التدريس المؤقتة وإعطاء بعض الدروس الخصوصية.[29]

وأخيرًا جاءت الوظيفة على يد مارسيل جروسمان، الصديق الآخر المقرب لأينشتاين في زيورخ وزميل دراسته ومدون محاضرات الرياضيات، غير أنها كانت وظيفة غير متوقعة. كان أينشتاين موشكًا على القنوط عندما كتب إليه جروسمان أنه من المحتمل أن تكون هناك فرصة للعمل كفاحص في مكتب براءات الاختراع السويسري في برن، وكان والد جروسمان على علاقة طيبة بالمدير، وكان مستعدًّا لتزكية أينشتاين.

ورد أينشتاين: «لقد تأثرت بشدة بإخلاصك وتعاطفك اللذين جعلاك لا تنسى صديقك عاثر الحظ، وسأكون سعيدًا بحصولي على وظيفة جيدة كهذه، ولن أدخر جهدًا في أن أكون على قدر تزكيتك لي.» وعبر لماريتش عن سعادته قائلًا: «لا تتصورين كم ستكون هذه الوظيفة رائعة لي! سوف أجن فرحًا إذا حصلت على هذه الوظيفة.»

كان أينشتاين يعلم أن حصوله على وظيفة مكتب براءات الاختراع سوف يستغرق بضعة أشهر، إذا قدر له أن يحصل عليها، لذا قبل العمل في وظيفة مؤقتة بمدرسة فنية في فينترتور لمدة شهرين، حيث يحل محل واحد من المعلمين استدعي للخدمة العسكرية. سوف تمضي الساعات طويلة، والأسوأ أنه سيضطر إلى تدريس الهندسة

الوصفية، التي لم تكن في ذلك الحين ولا فيما بعد من مجالات تميزه، لكنه قال مرددًا واحدة من أحب العبارات الشعرية: «لكن السوابي البطل لا يخاف.»[30]

وفي الوقت نفسه ستكون الفرصة سانحة ليقضي هو وماريتش إجازة رومانسية معًا، تلك الإجازة التي ستكون لها نتائج مصيرية.

بحيرة كومو، مايو/أيار ١٩٠١

كتب أينشتاين إلى ماريتش في نهاية أبريل/نيسان ١٩٠١: «لا بد أن تأتي لزيارتي في كومو أيتها الساحرة الصغيرة، وسوف ترين بنفسك كم أصبحت مبتهجًا ومتفائلًا وكيف زال عني الهم.» كانت الخلافات الأسرية والبحث المحبط عن وظيفة قد جعلاه حاد الطباع، لكنه وعد بأن ينتهي كل ذلك، واعتذر قائلًا: «لم تكن قسوتي عليك إلا بسبب توتر أعصابي»، واقترح عليها لكي يصالحها أن يتمتعا بلقاء رومانسي في واحدة من أكثر بقاع العالم جمالًا ورومانسية؛ وهي بحيرة كومو التي تعتبر من أجمل بحيرات الألب التي تشبه الجواهر، والتي تقع على الحدود بين إيطاليا وسويسرا، حيث تورق الأشجار في أوائل مايو/أيار تحت القمم الرائعة التي يكسوها الجليد.

وقال لها: «أحضري روبي الأزرق حتى نستدفئ به، وأعدك بنزهة لم تري مثلها قط.»[31]

قبلت ماريتش بسرعة، لكنها غيرت رأيها بعد ذلك؛ فقد تلقت خطابًا من أسرتها في نوفي ساد قالت عنه إنه «لم يفقدني كل رغبة في المرح فحسب، بل الرغبة في الحياة ذاتها»، وقالت بأسى إن عليه أن يقوم بالرحلة بمفرده، «يبدو أنني لا أستطيع أن أحصل على شيء دون أن أُعاقَب.» وفي اليوم التالي غيرت رأيها مرة أخرى. «كتبت إليك بالأمس رسالة قصيرة وأنا في أسوأ حالاتي المزاجية بسبب خطاب تلقيته، لكنني أصبحت أكثر ابتهاجًا بعدما قرأت خطابك اليوم، لأنني أعرف كم تحبني، وأعتقد أننا سنقوم بالرحلة آخر الأمر.»[32]

وهكذا كان أينشتاين في وقت مبكر من صباح يوم الأحد ٥ مايو/أيار ١٩٠١ في محطة القطار في قرية كومو بإيطاليا ينتظر ميليفا ماريتش «بذراعين مفتوحين وقلب يخفق بقوة»، وقضيا النهار هناك، وأعجبا بكاتدرائيتها المشيدة على الطراز القوطي، وأحيائها القديمة المحاطة بالأسوار، ثم استقلا واحدة من البواخر البيضاء الفخمة التي تنتقل من قرية إلى أخرى على طول ساحل البحيرة.

وتوقفا لزيارة قصر كارلوتا Villa Carlotta أروع القصور الشهيرة المنتشرة على الشاطئ، ويشتهر بأسقفه المزخرفة باللوحات، وتمثال كيوبيد والأميرة سايكي الشهير لأنطونيو كانوفا، بالإضافة إلى خمسمائة نوع من النباتات. وفيما بعد كتبت ماريتش إلى صديقة عن مدى إعجابها بـ«الحديقة الفاتنة التي حفظت لها مكانًا في قلبي، لاسيما أننا لم نستطع أن نقطف منها زهرة واحدة.»

وبعد أن أمضيا الليلة في أحد الفنادق الصغيرة، قررا أن يقطعا الممر الجبلي المؤدي إلى سويسرا سيرًا على الأقدام، لكنهما وجدا أنه لا يزال مدفونًا تحت ما يقرب من عشرين قدمًا من الجليد، لذا استأجرا مركبة جليد صغيرة وصفتها ماريتش في خطاب لصديقتها بأنها «من النوع الذي لا يتسع إلا لاثنين متحابين، ويقف سائق العربة على لوح خشبي صغير في المؤخرة، ويثرثر ويناديك بـ«سنيورا» طوال الوقت، هل تتخيلين شيئًا أجمل من هذا؟»

كان الجليد يتساقط في نعومة على امتداد البصر، «أصابني هذا الأفق الجليدي الأبيض الممتد بلا نهاية بالقشعريرة، فضممت حبيب قلبي بشدة وطوقته بذراعي تحت المعاطف والشيلان التي كنا نتدثر بها»، وأثناء نزولهما أخذا يدقان الأرض بأقدامهما ويركلان ليصنعا انهيارات ثلجية صغيرة، «حتى نصيب العالم من تحتنا بفزع حقيقي.»[33]

وتذكر أينشتاين بعد بضعة أيام: «كم كان جميلًا منك في تلك المرة الأخيرة أن سمحت لي بأن أضمك إلي صدري بتلك الطريقة العفوية.»[34] وبتلك الطريقة العفوية، حملت ميليفا ماريتش طفلًا من ألبرت أينشتاين.

وبعد العودة إلى فينترتور حيث كان يعمل مدرسًا بديلًا كتب أينشتاين خطابًا إلى ماريتش أشار فيه إلى حملها، والغريب — أو ربما ليس غريبًا على الإطلاق — أنه بدأ بالحديث في مسائل علمية بدلًا من المسائل الشخصية فقال: «لقد انتهيت لتوي من قراءة بحث رائع للينارد عن توليد أشعة الكاثود بواسطة الأشعة فوق البنفسجية، وقد جعلني هذا البحث الرائع أشعر بسعادة وبهجة حتى إنني أحسست أنني يجب أن أعرض عليك بعضًا منه.» وسرعان ما سيُحدِث أينشتاين ثورة في العلم بالاعتماد على بحث لينارد لوضع نظرية كمات الضوء التي فسرت هذا الأثر الكهروضوئي. ومع ذلك فمن المدهش نوعًا ما — أو على الأقل من المضحك — أنه وهو يتحدث عن تقاسم «السعادة والبهجة» مع حبيبته التي حملت حديثًا، كان يشير إلى بحث عن حزم الإلكترونات.

جاءت بعد هذا الاغتباط العلمي إشارة مقتضبة عن طفلهما المنتظر الذي أشار إليه أينشتاين على أنه ذكر فقال: «كيف حالك يا محبوبتي؟ وحال الصبي؟» ومضى يعرض فكرة غريبة عن كيف ستكون الأبوة: «هل تتصورين كم سيكون ممتعًا أن نستطيع أن نعمل مرة أخرى دون أن يزعجنا أحد على الإطلاق، ودون أن يسيطر أحد على أفعالنا!»

وقد حاول فوق كل ذلك أن يطمئنها، ووعدها بأنه سوف يجد وظيفة حتى لو اضطره ذلك إلى العمل في مجال التأمين، وسوف يبنيان معًا بيتًا مريحًا، «ابتهجي يا حبيبتي ودعي عنك القلق، فأنا لن أتخلى عنك، وسوف تصل كل الأمور إلى نهاية سعيدة، عليك فقط أن تتحلي بالصبر!، وسوف ترين أنك لن تخسري شيئًا باعتمادك علي، حتى إذا تعثرت الأمور في بدايتها بعض الشيء.»[35]

كانت ماريتش تستعد لدخول امتحان التخرج للمرة الثانية، وكانت تأمل أن تستمر حتى تحصل على درجة الدكتوراه وتصبح عالمة في الفيزياء، فقد تحملت هي ووالداها عبئًا ماليًّا ونفسيًّا طيلة سنوات من أجل الوصول إلى هذا الهدف، وكانت تستطيع أن تتخلص من حملها إذا رغبت في ذلك، إذ إن زيورخ كانت في ذلك الوقت مركزًا مزدهرًا لتنظيم النسل، وكانت بها شركة تنتج العقاقير التي تستخدم في الإجهاض، وترسلها بالبريد عند الطلب.

لكنها قررت بدلًا من ذلك أن تحتفظ بطفل أينشتاين، مع أنه لم يكن مستعدًا بعد أو راغبًا في الزواج منها، وكان إنجاب طفل خارج إطار الزواج عملًا يتسم بالتمرد نظرًا لتربيتهم، لكنه لم يكن نادرًا، فالإحصائيات الرسمية لزيورخ عام ١٩٠١ تظهر أن ١٢٪ من المواليد كانوا أطفالًا غير شرعيين، وعلاوة على ذلك كانت النساء النمساويات والمجريات أكثر احتمالًا أن يحملن بدون زواج، وكانت نسبة المواليد غير الشرعيين تصل في جنوب المجر إلى ٣٣٪، وكان الصرب أصحاب أعلى نسبة من المواليد غير الشرعيين، واليهود هم أصحاب أقل نسبة بفارق كبير.[36]

كان قرار ماريتش بالاحتفاظ بالجنين دافعًا لأينشتاين ليركز على المستقبل، وقال لها: «سوف أبحث عن وظيفة على الفور، مهما كانت متواضعة، فإن طموحاتي العلمية وغروري الشخصي لن يمنعاني من قبول حتى أقل الوظائف شأنًا»، وقرر أن يتصل بوالد بيسو بالإضافة إلى مدير شركة التأمين المحلية، ووعد بالزواج منها بمجرد أن يستقر في وظيفة، «حينئذ لن يرجم أحد رأسك الغالية بحجر.»

ويمكن أن يحل الحمل أيضًا — أو هكذا كان يأمل — المشكلات التي واجهتهما مع أسرتيهما، «عندما يواجه أبواك وأبواي بأمر واقع، فسوف يضطرون لقبوله بقدر استطاعتهم.»[37]

كانت ماريتش في زيورخ طريحة الفراش بسبب الحمل، لكنها شعرت بالسعادة، وقالت: «إذن يا حبيبي أنت ترغب في البحث عن وظيفة على الفور؟ وتريدني أن أنتقل معك!» لم يكن عرضه واضحًا، لكنها أعلنت على الفور أنها موافقة بكل سرور، وأضافت: «بالطبع يجب ألا تقبل وظيفة سيئة يا عزيزي، فسوف يشعرني ذلك بالذنب»، وحاولت — بناء على اقتراح شقيقتها — أن تقنع أينشتاين بزيارة والديها في صربيا في الإجازة الصيفية، ورجته قائلة: «سوف يجعلني ذلك في غاية السعادة، وعندما يرانا والداي أمامهما، فسوف تتبخر شكوكهما كلها.»[38]

غير أن أينشتاين أحبط آمالها وقرر قضاء الإجازة الصيفية مرة أخرى مع أمه وشقيقته في جبال الألب، ولذلك لم يكن معها ليساعدها ويشجعها في نهاية يوليو/تموز ١٩٠١ عندما كانت تحضر امتحاناتها للمرة الثانية، وفشلت ميليفا مرة أخرى، ربما بسبب حملها ووضعها الخاص، وحصلت مرة أخرى على أربع درجات من ست، وأصبحت مرة أخرى الطالبة الوحيدة الراسبة في دفعتها.

هكذا وجدت ميليفا ماريتش أنها مضطرة لأن تتخلى عن حلمها في أن تصبح عالمة، وقد زارت بلدها في صربيا بمفردها، وأخبرت والديها بفشلها التعليمي وحملها، وقبل أن ترحل طلبت من أينشتاين أن يرسل خطابًا إلى والدها يصف فيه خططهما ويتعهد بالزواج منها كما هو مفترض، وطلبت منه: «هل تستطيع أن ترسل لي الخطاب حتى أرى ما كتبته؟ فسوف أبلغه عما قريب بالمعلومات الضرورية، وبالأخبار المزعجة أيضًا.»[39]

خلافات مع درود وآخرين

كانت وقاحة أينشتاين واحتقاره للتقاليد — تلك الخصال التي شجعته عليها ماريتش — واضحين سواء في حياته العلمية أو في حياته الشخصية عام ١٩٠١، وفي تلك السنة دخل المتحمس العاطل في سلسلة من النزاعات مع السلطات الأكاديمية.

وتظهر المشادات أن أينشتاين لم يكن يتورع عن تحدي القائمين على السلطة، بل يبدو أن ذلك كان يملؤه بالغبطة، وقد قال ليوست فينتلر وسط نزاعاته في تلك

السنة: «إن الخضوع الأعمى للسلطة هو ألد أعداء للحقيقة»، وسوف يتبين أنه مبدأ جدير بالاحترام، وأنها كلمات تستحق أن تنقش على شعار نبالته لو أنه يومًا ما أراد شيئًا كهذا.

وتكشفت صراعاته في تلك السنة أيضًا عن سمة خفية من سمات التفكير العلمي لأينشتاين؛ فقد كانت لديه رغبة قوية — بل هوس — لدمج مفاهيم من فروع مختلفة من الفيزياء، وقد كتب لصديقه جروسمان عندما عكف في ذلك الربيع على محاولة الربط بين بحثه عن الخاصية الشعرية ونظرية بولتزمان للغازات: «إنه شعور رائع أن يكتشف المرء اتحاد مجموعة من الظواهر التي تبدو للوهلة الأولى منفصلة تمامًا»، هذه الجملة تلخص أكثر من غيرها المبدأ الذي قامت عليه رسالة أينشتاين العلمية منذ بحثه الأول حتى معادلات المجال الأخيرة التي خطها بيده، والذي أرشده بنفس الإحساس القوي الذي أظهرته إبرة البوصلة التي أهداها له والده في طفولته.[40]

ومن بين المفاهيم التوحيدية التي كانت تثير إعجاب أينشتاين — ومعظم علماء الفيزياء — تلك المفاهيم التي انبثقت عن النظرية الحركية، والتي ظهرت في القرن التاسع عشر بتطبيق مبادئ الميكانيكا على ظواهر مثل انتقال الحرارة وسلوك الغازات. وتضمن هذا اعتبار الغازات على سبيل المثال مجموعة من عدد هائل من الجسيمات الدقيقة — التي تتكون في هذه الحالة من جزيئات تتركب من ذرة واحدة أو أكثر — والتي تتحرك حركة عشوائية وتتصادم أحيانًا بعضها مع بعض.

ساعدت النظرية الحركية في تطور علم الميكانيكا الإحصائية الذي يصف سلوك عدد كبير من الجسيمات بواسطة حسابات إحصائية، وقد كان من المستحيل بطبيعة الحال تتبع كل جزيء وكل تصادم يحدث في الغاز، لكن معرفة السلوك الإحصائي أعطى نظرية صالحة للتطبيق العملي عن مسلك مليارات الجزيئات في ظل ظروف مختلفة.

أخذ العلماء يطبقون هذه المفاهيم، ليس على سلوك الغازات فقط، بل أيضًا على الظواهر التي تحدث في السوائل والجوامد، بما فيها الإشعاع والقدرة على توصيل الكهرباء. وفيما بعد كتب بول إيرنفيست Paul Ehrenfest الصديق الحميم لأينشتاين والخبير في هذا المجال: «لقد سنحت الفرصة لتطبيق أساليب النظرية الحركية للغازات

في فروع مختلفة تمامًا من الفيزياء، والأهم من كل ذلك أن النظرية قد طبقت على حركة الإلكترونات في الفلزات، وعلى الحركة البروانية للجسيمات المجهرية في المعلق، وعلى نظرية إشعاع الجسم الأسود.»[41]

ومع أن كثيرًا من العلماء كانوا يستخدمون النظرية الذرية لاستكشاف مجالات اختصاصهم، فقد كانت هذه النظرية من وجهة نظر أينشتاين وسيلة لإيجاد علاقات وابتكار نظريات تربط بين فروع العلم المختلفة، ففي أبريل/نيسان ١٩٠١ — على سبيل المثال — أدخل تعديلات على النظريات الجزيئية التي استخدمها في تفسير الخاصية الشعرية في السوائل وطبقها على انتشار جزيئات الغاز، وكتب إلى ماريتش: «لقد قادني حسن الحظ إلى فكرة رائعة ستمكننا من تطبيق نظريتنا للقوى الجزيئية على الغازات أيضًا.» وقال لجروسمان: «أنا الآن مقتنع بأن نظريتي عن قوى التجاذب بين الذرات يمكن أن تنطبق أيضًا على الغازات.»[42]

بعد ذلك تحول اهتمامه إلى توصيل الحرارة والكهربية، مما جعله يدرس النظرية الإلكترونية للفلزات لبول درود Paul Drude. ويقول يورجين رين Jürgen Renn — الباحث الذي تخصص في دراسة أينشتاين: «إن اهتمام أينشتاين بالنظرية الإلكترونية لدرود والنظرية الحركية للغازات لبولتزمان لم يكن وليد الصدفة، ففيهما خاصية هامة تشتركان فيها مع موضوعات أبحاثه المبكرة؛ فهما نموذجان لتطبيق أفكار النظرية الذرية على المسائل الفيزيائية والكيميائية.»[43]

افترضت النظرية الإلكترونية لدرود وجود جسيمات في الفلزات تتحرك بحرية مثلما تتحرك جزيئات الغازات، وبذلك توصل الحرارة والكهرباء، وعندما درسها أينشتاين أعجب بها إلى حد ما، وقال لماريتش: «بين يدي دراسة لبول درود عن النظرية الإلكترونية جاءت كما كنت أتمنى، على الرغم من أنها تحتوي على بعض النقاط الغامضة»، وبعد شهر آخر، وكعادته في عدم الاكتراث للسلطة، قال: «ربما سأكتب لدرود بصورة شخصية لأنبهه إلى أخطائه.»

وقد كتب له بالفعل، وفي خطاب إلى درود في يونيو/حزيران أشار أينشتاين إلى ما اعتبره خطأين، وقال لماريتش في شماتة: «لن يستطيع أن يجد ردودا منطقية يدحض بها اعتراضاتي لأنها واضحة تمامًا.» ربما توهم أينشتاين أن إظهار الأخطاء المزعومة لعالم مرموق هو السبيل المناسب للحصول على وظيفة، فقد ضمَّن خطابه طلبًا لوظيفة.[44]

المدهش أن درود رد عليه، وما لا يثير الدهشة أنه رفض اعتراضات أينشتاين، واستشاط أينشتاين غضبًا، وقال أينشتاين وهو يبعث برد درود إلى ماريتش: «إنه دليل قاطع على دناءة كاتبه لدرجة أنني لا أحتاج إلى تعليق آخر، ومن الآن فصاعدا لن ألجأ إلى هؤلاء الناس، وسوف أهاجمهم — بدلًا من ذلك — بلا هوادة في الدوريات العلمية كما يستحقون، ولا عجب أنني أتحول شيئًا فشيئًا إلى عدو للإنسانية.»

أعرب أينشتاين عن إحباطه إلى يوست فينتلر أيضًا، وهو الشخص الذي اعتبره بمنزلة الأب في آرو، وجاء في خطابه له إعلانه أن الخضوع الأعمى للسلطة هو ألد أعداء الحقيقة، وقال فيه: «لقد رد بأن زميلًا له منزهًا عن الخطأ يشاركه هذا الرأي. سأوقع هذا الرجل عما قريب في شر عمله ببحث متقن.»[45]

لم تحدد الوثائق المنشورة لأينشتاين هوية هذا الزميل «المنزه عن الخطأ» الذي ذكره درود، لكن بعض التنقيب من جانب رين أسفر عن العثور على خطاب من ماريتش جاء فيه أن هذا الشخص هو لودفيج بولتزمان،[46] ويفسر هذا سبب انهماك أينشتاين في كتابات بولتزمان، وكتب لجروسمان في سبتمبر/أيلول: «لقد كنت مستغرقًا في أعمال بولتزمان عن النظرية الحركية للغازات، وفي الأيام القليلة الماضية كتبت بحثًا قصيرًا عن الحلقة المفقودة في سلسلة الإثباتات التي بدأها.»[47]

كان بولتزمان آنذاك أستاذًا في جامعة لايبتسيج، وكان أبرز علماء أوروبا في الفيزياء الإحصائية، وقد ساعد في وضع النظرية الحركية، ودافع عن مبدأ الوجود الفعلي للذرات والجزيئات، ووجد أن من الضروري إعادة صياغة القانون الثاني العظيم للديناميكا الحرارية، ولهذا القانون عدد من الصياغات المكافئة، فهو ينص على أن الحرارة تنتقل بصورة طبيعية من الساخن إلى البارد وليس العكس، وهناك صياغة أخرى للقانون الثاني على أساس الإنتروبيا، وهي مقياس لدرجة الاختلال أو العشوائية في نظام ما، فأية عملية تلقائية تميل إلى زيادة الإنتروبيا، فجزيئات العطر — على سبيل المثال — تنساب من الزجاجة المفتوحة وتملأ الغرفة، لكننا لم نعهد في تجربتنا العادية أن تتجمع جزيئات العطر تلقائيًّا وتنساب جميعها إلى الزجاجة.

كانت مشكلة بولتزمان هي أن العمليات الميكانيكية مثل تصادم الجزيئات يمكن أن تنعكس وفقًا لنيوتن، وعلى ذلك فمن الممكن أن يحدث نقص تلقائي في الإنتروبيا، على الأقل من الناحية النظرية. إن سخافة افتراض أن جزيئات العطر المنتشرة يمكن أن تتجمع في الزجاجة مرة أخرى، أو أن الحرارة يمكن أن تنتقل تلقائيًّا من جسم

بارد إلى جسم ساخن، كانت سلاحًا استعمله الخصوم في وجه بولتزمان، خصوم مثل فيلهلم أوستفالد الذي لم يكن يعتقد في وجود الذرات والجزيئات، قال أوستفالد: «إن فكرة إمكانية اختزال جميع الظواهر الطبيعية في النهاية إلى ظواهر ميكانيكية لا تصلح حتى كفرضية؛ إنها خطأ تمامًا، فإن عدم قابلية الظواهر الطبيعية للانعكاس يثبت وجود عمليات لا يمكن وصفها بمعادلات ميكانيكية.»

رد بولتزمان بتعديل القانون الثاني بحيث لم يصبح مطلقًا بل مجرد إحصاء شبه يقيني، فقد كان من الممكن — من الناحية النظرية — أن تتحرك ملايين الجزيئات من العطر بطريقة ما بحيث تدخل جميعها في الزجاجة في لحظة معينة، لكن هذا احتمال بعيد للغاية، ربما أقل تريليونات المرات من احتمال أن تعود مجموعة من أوراق اللعب إلى ترتيبها الأصلي بعد خلطها مائة مرة.[48]

وعندما أعلن أينشتاين بشيء من الغرور في سبتمبر/أيلول ١٩٠١ أنه وجد «الحلقة المفقودة» في سلسلة إثباتات بولتزمان، قال إنه يعتزم نشرها قريبًا، لكنه أرسل أولًا بحثًا إلى مجلة Annalen der Physik تضمن طريقة كهربية لبحث القوى الجزيئية تعتمد على حسابات مستمدة من تجارب قام بها آخرون باستخدام محاليل ملحية وإلكترود.[49]

ثم نشر نقده لنظريات بولتزمان، وأوضح أن هذه النظريات نجحت تمامًا في تفسير انتقال الحرارة في الغازات، لكنها لم تعمم بعد بصورة مناسبة في مجالات أخرى، وكتب أينشتاين: «على الرغم من عظمة إنجازات النظرية الحركية للحرارة في مجال نظرية الغازات، فإن علم الميكانيكا لم يستطع بعد أن يخرج بأساس ملائم للنظرية العامة للحرارة»، وكان هدفه «سد هذه الثغرة.»[50]

كان كل هذا يعد وقاحة من خريج غير متميز من المعهد الفني لم يستطع الحصول بعد على درجة الدكتوراه أو على وظيفة، واعترف أينشتاين فيما بعد بأن هذه الأبحاث لم تضف الكثير إلى علم الفيزياء، لكنها توضح أساس تحديه عام ١٩٠١ لدرود وبولتزمان، فقد شعر بأن نظرياتهما لم تحقق المبدأ الذي أعلنه لجروسمان في وقت مبكر من تلك السنة عن مدى روعة أن يكتشف المرء اتحاد مجموعة من الظواهر التي تبدو في الظاهر منفصلة تمامًا.

وفي غضون ذلك، في نوفمبر/تشرين الثاني ١٩٠١، قدم أينشتاين محاولة لرسالة دكتوراه للأستاذ ألفريد كلاينر Alfred Kleiner بجامعة زيورخ، ولم يعد للرسالة

وجود، لكن ماريتش قالت لصديقة لها: «إنها تتناول بحث القوى الجزيئية في الغازات باستخدام ظواهر عديدة معروفة.» كان أينشتاين واثقًا بنفسه، وقال عن كلاينر: «إنه لن يجرؤ على رفض رسالتي، ولن أقبل من هذا الرجل قصير النظر غير ذلك.»[51]

وفي ديسمبر/كانون الأول لم يكن كلاينر قد أرسل أي رد، وبدأ القلق يساور أينشتاين بأن كرامة الأستاذ الهشة قد تجعله لا يستريح لقبول رسالة تسيء إلى أعمال عظماء من أمثال درود وبولتزمان. قال أينشتاين: «لو جرؤ على رفض رسالتي، فسوف أنشر رفضه حينئذ مع بحثي وأظهره بمظهر الحمقى، لكن لو قبلها فسوف ننتظر ما سيقوله السيد درود.»

قرر أينشتاين الذهاب لمقابلة كلاينر شخصيًّا لأنه كان يتعجل الوصول إلى قرار، والمدهش نوعًا ما أن المقابلة سارت على ما يرام، أقر كلاينر بأنه لم يقرأ الرسالة بعد، وأخبره أينشتاين ألا يتعجل، وانتقلا بعد ذلك إلى مناقشة أفكار متنوعة كان أينشتاين يطورها، وبعضها سوف تظهر نتائجه في النهاية في نظرية النسبية. أكد كلاينر لأينشتاين أنه يستطيع الاعتماد عليه في تزكيته في المرة القادمة التي يتقدم فيها لوظيفة بالتدريس، وكان حكم أينشتاين: «إنه ليس بالغباء الذي كنت أظنه، وهو بالإضافة إلى ذلك شخص طيب.»[52]

ربما كان كلاينر شخصًا طيبًا، لكن رسالة أينشتاين لم ترق له عندما قرأها آخر الأمر، ولم يكن سعيدًا على وجه الخصوص بهجوم أينشتاين على المؤسسة العلمية، لذا رفضها، أو بالأحرى طلب من أينشتاين أن يسحبها طوعًا، وهو ما سمح له باسترداد الرسوم التي دفعها وقيمتها مائتان وثلاثون فرنكًا، وقد جاء في كتاب كتبه زوج ابنة زوجة أينشتاين أن الباعث على مسلك كلاينر كان «مراعاة لزميله لودفيج بولتزمان الذي انتقد أينشتاين بشدة سلسلة إثباتاته.» ولأن أينشتاين كان يفتقر لتلك الحساسية، فقد أقنعه أحد أصدقائه بأن يرسل نقده إلى بولتزمان مباشرة.[53]

ليسيرل

كان مارسيل جروسمان قد ذكر لأينشتاين أنه من المحتمل أن توجد وظيفة له في مكتب براءات الاختراع، لكن هذه الفرصة لم تكن قد تحققت بعد، لذا بعد خمسة أشهر ذكّر أينشتاين جروسمان بلطف بأنه لا يزال في حاجة إلى مساعدة، وعندما قرأ في الصحيفة أن جروسمان قد فاز بوظيفة تدريس في مدرسة ثانوية سويسرية،

عبّر عن «بالغ فرحته»، ثم أضاف بنبرة حزينة: «أنا أيضًا تقدمت لهذه الوظيفة، لكنني فعلت ذلك فقط حتى لا ألوم نفسي لأنني تقاعست عن التقدم.»[54]

وفي خريف ١٩٠١ حصل أينشتاين على عمل متواضع كمعلم خاص في مدرسة خاصة صغيرة في شافهاوزن، وهي قرية تقع على ضفاف نهر الراين وتبعد عشرين ميلًا إلى الشمال من زيورخ. كان العمل يقتصر على تعليم تلميذ إنجليزي ثري هناك، ويومًا ما سيبدو تعليم أينشتاين له صفقة رابحة مهما كان الثمن، غير أن المستفيد من الصفقة في ذلك الوقت كان صاحب المدرسة ياكوب نوش Jacob Nüesch، فقد كان يتقاضى من أسرة الطفل ٤٠٠٠ فرنك سنويًّا، بينما يدفع لأينشتاين ١٥٠ فرنكًا فقط في الشهر، بالإضافة إلى توفير السكن والوجبات.

ظل أينشتاين يعد ماريتش بأنها «ستنال زوجًا صالحًا بمجرد أن تتوفر له الإمكانات»، لكنه عندئذ كان قد يئس من وظيفة مكتب براءات الاختراع، وقال: «لم يعلن بعد عن الوظيفة في برن، وقد بدأت بالفعل أفقد الأمل فيها.»[55]

كانت ماريتش متلهفة لتكون إلى جواره، لكن حملها جعل من المستحيل أن تظهر معه أمام الناس، لذا قضت معظم شهر نوفمبر/تشرين الثاني في فندق صغير بقرية مجاورة، وبدأ التوتر يشوب علاقتهما، وعلى الرغم من توسلاتها، فلم يكن أينشتاين يزورها إلا على فترات متقطعة، وكان كثيرًا ما يزعم أنه لا يملك مالًا كافيًا، وقالت له متوسلة بعد أن تلقت منه رسالة أخرى بإلغاء زيارة: «أنت ستفاجئني بالزيارة دون شك، أليس كذلك؟» كان غضبها وتوسلاتها يتعاقبان، وفي نفس الخطاب في كثير من الأحيان:

> لو علمت كم يستبد بي الحنين للوطن، لما تأخرت عن المجيء. أحقًّا نفدت نقودك؟ هذا شيء جميل! رجل يكسب مائة وخمسين فرنكًا، ويتوفر له المسكن والطعام، ولا يجد في نهاية الشهر سنتًا واحدًا! ... أرجوك ألا تتذرع بهذا يوم الأحد، إن لم تحصل على أية نقود حتى ذلك الوقت، فسوف أرسل لك بعضًا منها ... ليتك تعرف كم أتوق لرؤيتك مرة أخرى! أنا أفكر فيك طوال النهار، وأفكر فيك أكثر بالليل.[56]

سرعان ما أدت حساسية أينشتاين للسلطة إلى وضعه في مواجهة مع صاحب المدرسة، فقد حاول أن يقنع تلميذه بالانتقال معه إلى برن والدفع له مباشرة، لكن

أم الصبي ترددت. بعد ذلك طلب أينشتاين من نوش أن يعطيه ثمن الوجبات نقدًا حتى لا يضطر إلى تناول الطعام مع أسرته، ورد نوش: «أنت تعرف ما هي شروطنا، وليس هناك داع لأن نحيد عنها.»

هدده أينشتاين بفظاظة بالبحث عن ترتيبات جديدة، وتراجع نوش محنقًا. روى أينشتاين ما حدث لماريتش، وفي عبارة يمكن اعتبارها شعارًا آخر في حياته قال لها مبتهجًا: «فلتحيا الوقاحة! إنها ملاكي الحارس في هذه الدنيا.»

في تلك الليلة، وهو جالس لتناول وجبته الأخيرة في منزل نوش، وجد خطابًا له بالقرب من طبق الحساء الخاص به، وكان الخطاب من ملاكه الحارس الحقيقي مارسيل جروسمان، وجاء فيه أن وظيفة مكتب براءات الاختراع على وشك الإعلان عنها، وأن أينشتاين سيحصل عليها بالتأكيد. وكتب أينشتاين مبتهجًا إلى ماريتش أن حياتهم «ستتغير عما قريب بصورة مذهلة إلى الأفضل»، وقال: «أكاد أطير فرحًا كلما فكرت في ذلك، وأنا سعيد من أجلك أكثر من سعادتي لنفسي، ولا شك أننا سنكون معًا أسعد البشر على وجه الأرض.»

تجاهل أينشتاين الحديث عن كيفية التصرف في الطفل الذي يوشك أن يولد قبل أقل من شهرين في أوائل فبراير/شباط ١٩٠٢، وكتب: «والمشكلة الوحيدة التي سيظل علينا حلها هي كيف سنحتفظ بليسيرل معنا، فأنا لا أرغب في التخلي عنها.» كان أينشتاين قد بدأ يشير لطفلهما الذي لم يولد بعد على أنه فتاة، وكانت ماريتش قد عادت إلى منزل أبويها في نوفي ساد لتضع طفلها هناك، وكانت نية الاحتفاظ بالطفل نبلًا من جانب أينشتاين، غير أنه كان يعرف أن من الصعب عليه أن ينتقل إلى العمل في برن بطفل غير شرعي، وقال لها: «سلي أباك، أنه رجل متمرس، ويعرف العالم أفضل من حبيبك جوني المنهك الذي يفتقر إلى الواقعية»، وأضاف أينشتاين أن الطفلة عندما تولد «ينبغي ألا يرضعوها لبن الأبقار، لأنه ربما يجعلها غبية»، وقال إن لبن ماريتش سيكون أفضل غذاء للطفلة.[57]

ومع أنه لم يجد غضاضة في استشارة أسرة ماريتش، فلم تكن لدى أينشتاين أية نية في أن تعرف أسرته أن أسوأ مخاوف أمه بشأن علاقته — الحمل واحتمال الزواج — قد تحققت، ويبدو أن شقيقته أدركت أنه وماريتش يخططان سرًّا للزواج، وأخبرت بذلك بعض أفراد أسرة فينتلر في آرو، لكن الشك لم يساور أحدًا منهم في أن هناك طفلًا. علمت أم أينشتاين بمسألة الخطوبة المزعومة من السيدة فينتلر،

وقالت في ألم: «إننا نرفض بإصرار علاقة أينشتاين بالآنسة ماريتش، ولا نرغب قط في أن تربطنا بها أية علاقة.»[58]

اتخذت أم أينشتاين أيضًا خطوة غير عادية بأن كتبت خطابًا بغيضًا إلى والدي ماريتش موقعًا أيضًا من زوجها، وشكت ماريتش إلى صديقة لها من أم أينشتاين فقالت: «يبدو أن هذه السيدة جعلت هدف حياتها أن تنغص حياتي وحياة ابنها أيضًا بقدر استطاعتها. لم أكن أتصور أن هناك أناسًا بهذه القسوة والشر! إنهم لم يشعروا بوخز الضمير عندما كتبوا خطابًا إلى والدي يهينونني فيه بطريقة مخزية.»[59]

أخيرًا ظهر الإعلان الرسمي عن فرصة العمل بمكتب براءات الاختراع في ديسمبر/كانون الأول ١٩٠١، ويبدو أن المدير فريدريخ هالر Friedrich Haller وضع المواصفات بحيث يحصل أينشتاين على الوظيفة، فلم يكن من الضروري أن يكون المتقدم حاصلًا على درجة الدكتوراه، بل يجب أن يكون حاصلًا على تدريب ميكانيكي وأن تكون لديه دراية بالفيزياء أيضًا، وقال أينشتاين لماريتش: «لقد وضع هالر هذه المواصفات من أجلي.»

كتب هالر لأينشتاين خطابًا وديًّا وصارحه بأنه المرشح الأساسي، واتصل به جروسمان ليهنئه، وقال أينشتاين لماريتش مبتهجًا: «لم يعد هناك شك، فسوف تصبحين عما قريب زوجتي السعيدة، ترقبي قريبًا، الآن قد انتهت متاعبنا، والآن فقط أدرك وقد انزاح هذا العبء الثقيل عن كاهلي كم أحبك … قريبًا سأستطيع أن آخذ دوللي بين ذراعي وأعلن للعالم كله أنها زوجتي.»[60]

على أنه جعلها تعده بألا يحولهما هذا الزواج إلى زوجين يلهثان وراء المادة، وقال: «سوف نعمل معًا بجد في مجال العلم حتى لا نصبح عجوزين جاهلين، ألا ترين ذلك؟» وحتى شقيقته شعر أنها سوف تصبح «بليدة جدًّا» في نظرتها لأسباب الراحة المادية. وقال لماريتش: «حاذري أن تصيري مثل ذلك، فسوف يكون هذا فظيعًا، عليك أن تظلي دومًا ساحرتي وطفلتي الصغيرة، كل البشر ما عداك أغراب في نظري، كأنما يفصل بيني وبينهم جدار خفي.»

واستعدادًا للحصول على وظيفة مكتب براءات الاختراع، ترك أينشتاين تلميذه في شافهاوزن، وانتقل إلى برلين في أواخر يناير/كانون الثاني ١٩٠٢، وسوف يظل أينشتاين إلى الأبد ممتنًّا لجروسمان، الذي سيظل يمد له يد العون بطرق شتى

خلال السنوات القليلة التالية. وقال أينشتاين لماريتش: «إن جروسمان يعد رسالته في موضوع يتعلق بالهندسة غير الإقليدية، ولا أعرف ما هو على وجه التحديد.»[61]

بعد بضعة أيام من وصول أينشتاين إلى برن وضعت ميليفا ماريتش طفلتهما في بيت أبويها في نوفي ساد، وأطلقا عليها اسم ليسيرل، ولم تستطع ماريتش أن تكتب إلى أينشتاين لأن الولادة كانت صعبة للغاية، وزف والدها الخبر إلى أينشتاين.

كتب أينشتاين إلى ماريتش يسألها: «هل هي صحيحة البدن؟ وهل تصرخ بشكل طبيعي؟ كيف تبدو عيناها؟ وإلى أينا هي أقرب شبهًا؟ من الذي يقدم لها اللبن؟ هل هي جائعة؟ لا بد أنها صلعاء تمامًا. أنا أحبها كثيرًا مع أنني لم ألقها حتى الآن!» ولكن يبدو أن حبه لطفلتهما كان نظريًّا بصورة أساسية، لأنه لم يدفعه إلى السفر بالقطار إلى نوفي ساد لرؤية طفلته.[62]

لم يخبر أينشتاين أمه ولا شقيقته ولا أي من أصدقائه بمولد ليسيرل، والواقع أنه ليس هناك ما يدل على أنه أخبرهم عنها في أي وقت من الأوقات، ولم يتحدث عنها علانية قط أو يقر بوجودها، ولم يرد ذكرها في أي من مراسلاته التي بقيت، فيما عدا بضعة خطابات بين أينشتاين وماريتش، وقد أُخفِيت هذه الخطابات ومُنِع نشرها حتى عام ١٩٨٦، وقد فوجئ الباحثون في سيرته ومحررو أبحاثه حينما عرفوا بوجود ليسيرل.[٢]

أظهرت الطفلة الجانب الساخر في أينشتاين في خطابه إلى ماريتش بعد مولدها مباشرة، فقد قال فيه: «من المؤكد أنها تستطيع أن تصرخ بالفعل، لكنها لن تتعلم كيف تضحك قبل زمن طويل. هنا تكمن حقيقة عميقة.»

جعلته الأبوة أيضًا يركز على الحاجة إلى توفير بعض النقود أثناء انتظاره لوظيفة مكتب براءات الاختراع، لذا ظهر في اليوم التالي إعلان في الصحيفة يقول: «دروس خصوصية في الرياضيات والفيزياء ... يدرسها بدقة ألبرت أينشتاين، الحاصل على دبلومة التدريس من المعهد الفني ... حصص تجريبية مجانية.»

بل لقد أظهر مولد ليسيرل في أينشتاين نزعة للأسرة والاستقرار لم تكن واضحة من قبل، وقد وجد غرفة واسعة في برن، ورسم لماريتش مخططًا لها يوضح السرير،

[٢] اكتشف الخطابات جون ستاشل John Stachel بمشروع أبحاث أينشتاين بين أربعمائة خطاب أسري كانت الزوجة الثانية لهانز ألبرت أينشتاين قد أودعتها في صندوق ودائع بكاليفورنيا، وأحضرتها زوجته الأولى إلى كاليفورنيا بعد أن ذهبت إلى زيورخ لتنظيف شقة ميليفا ماريتش بعد وفاتها عام ١٩٤٨.



وستة مقاعد، وثلاث خزانات للثياب، ويظهره هو (جوني) وأريكة كتب تحتها «انظري إلى هذه!»[63] لكن ماريتش لم تكن ستنتقل معه للعيش في هذه الغرفة، فلم يكونا متزوجين، ولا يصح لأي موظف حكومي سويسري طموح أن يعيش مع امرأة بهذه الطريقة، وبدلًا من ذلك عادت ماريتش بعد بضعة أشهر إلى زيورخ لتنتظر حصوله على الوظيفة وزواجه منها كما وعدها، ولم تأخذ ليسيرل معها.

ويبدو أن أينشتاين وابنته لم ير أحدهما الآخر قط، ولن يتعرضا لذكرها إلا مرة واحدة في مراسلاتهما التي بقيت، وذلك بعد قرابة عامين في سبتمبر/أيلول ١٩٠٣، ولم يتحدثا عنها بعد ذلك ثانية. وفي غضون ذلك تُركت الطفلة في نوفي ساد مع أقارب أمها وأصدقائها حتى يستطيع أينشتاين أن يحتفظ بأسلوب حياته غير المثقل بأعباء، والهيبة البرجوازية التي يحتاجها ليصبح موظفًا سويسريًّا.

وهناك تلميح غير واضح إلى أن الشخص الذي تولى رعاية ليسيرل ربما كان صديقة ماريتش المقربة هيلين كوفلر سافيتش Helene Kaufler Savić التي قابلتها ماريتش عام ١٨٩٩ عندما كانتا تقيمان في نفس المبنى السكني في زيورخ، وكانت سافيتش تنتمي لأسرة يهودية من فيينا، وكانت قد تزوجت مهندسًا صربيًّا عام ١٩٠٠، وكتبت لها ماريتش أثناء حملها خطابًا تبثها فيه أحزانها وآلامها، لكنها مزقته قبل أن ترسله بالبريد، وقالت لأينشتاين قبل شهرين من مولد ليسيرل إنها مسرورة لقيامها بذلك «لأنني أعتقد أننا ينبغي ألا نتفوه بشيء عن ليسيرل بعد»، وأضافت ماريتش أن أينشتاين يجب أن يكتب لسافيتش بضع كلمات بين الحين والحين، وقالت: «لا بد أن نعاملها الآن بلطف شديد، فسوف تساعدنا في أمر مهم.»[64]

مكتب براءات الاختراع

بينما كان أينشتاين ينتظر الوظيفة التي ستعرض عليه في مكتب براءات الاختراع، التقى مصادفة بأحد معارفه العاملين هناك، وشكا إليه من أن العمل ممل، وأشار إلى أن الوظيفة التي ينتظرها أينشتاين هي «أدنى الوظائف»، لذا فلا داعي لأن يقلق من أن يتقدم إليها شخص آخر. لم يضطرب أينشتاين لما سمعه، وقال لماريتش: «بعض الناس يجدون كل شيء مملًّا»، أما عن شعوره بالمهانة لكونه في أدنى درجات السلم الوظيفي، قال أينشتاين إنهما ينبغي أن يشعرا بالعكس تمامًا: «إننا لا نبالي على الإطلاق بأن نكون في القمة!»[65]

جاءت الوظيفة أخيرًا في ١٦ يونيو/حزيران ١٩٠٢ عندما اختاره المجلس السويسري رسميًّا «بصورة مؤقتة خبيرًا فنيًّا من الدرجة الثالثة بالمكتب الفيدرالي للملكية الفكرية براتب سنوي مقداره ٣٥٠٠ فرنك»، وكان ذلك بالفعل أكبر من الراتب الذي يتقاضاه أستاذ حديث السن.[66]

كان مكتبه بمبنى التلغراف والبريد الجديد ببرن بالقرب من برج الساعة الشهير فوق البوابة القديمة للمدينة (انظر الصورة بالصفحة الأولى من الفصل السادس)، وعندما كان أينشتاين يتجه إلى اليسار بعد خروجه من شقته في طريقه إلى العمل، كان يمر بجواره كل يوم، وقد أنشئت الساعة في الأصل بعد فترة قصيرة من تأسيس المدينة عام ١١٩١، وأضيفت آلة فلكية غريبة الصنع عام ١٥٣٠ تبرز مواضع الكواكب، وكلما مرت ستون دقيقة أدت الساعة عرضًا: يخرج منها مهرج راقص يقرع الأجراس، ثم يظهر موكب من الدببة، وديك يصيح، وفارس مدرع، يتبعه شيخ الزمان (تمثال يصور الزمن عجوزًا ملتحيًا يحمل منجلًا وساعة رملية).

كانت الساعة هي الميقات الرسمي لمحطة القطار القريبة، وكانت تضبط عليها جميع الساعات الأخرى القائمة على رصيف المحطة، وكانت القطارات المتحركة القادمة من مدن أخرى ليس التوقيت المحلي فيها قياسيًّا تعيد ضبط ساعاتها بالنظر إلى برج الساعة ببرن وهي تتقدم نحو المدينة.[67]

هكذا قُدِّر لأينشتاين أن يقضي السنوات السبع الأكثر إبداعًا في حياته — حتى بعد أن كتب أبحاثه التي غيرت مسار الفيزياء — يصل إلى مكتبه في الثامنة صباحًا كل يوم لمدة ستة أيام في الأسبوع، ويفحص طلبات براءات الاختراع، وكتب إلى أحد أصدقائه بعد بضعة أشهر: «أنا مشغول بصورة مروعة، أقضي كل يوم ثماني ساعات بالمكتب

وساعة على الأقل في الدروس الخصوصية، وأقوم بالإضافة إلى ذلك ببعض الأعمال العلمية»، ومع ذلك فمن الخطأ الاعتقاد بأن الانهماك في بحث طلبات براءات الاختراع كان عملًا شاقًّا مضجرًا، «أنا أستمتع كثيرًا بعملي في المكتب، لأن فيه تنوعًا رائعًا.»[68]

وسرعان ما عرف أنه يستطيع فحص طلبات براءات الاختراع بسرعة، بحيث يتوفر له بعض الوقت لبحث أفكاره العلمية أثناء النهار، ويقول أينشتاين: «كنت أستطيع القيام بعمل يوم كامل في غضون ساعتين أو ثلاث، وكنت أقوم في الوقت المتبقي من النهار بدراسة أفكاري الخاصة.» وكان فريدريخ هالر رئيسه في العمل رجلًا متشككًا لكنه بشوش طيب القلب يميل إلى المرح الودي، وكان يتغاضى بكرم عن الأوراق المبعثرة على مكتب أينشتاين التي كان يخفيها في درج مكتبه عندما يجيء الناس لمقابلته، ويقول أينشتاين: «كنت كلما مر بي أي شخص أكدس أوراقي في درج مكتبي، وأتظاهر بالانشغال في عملي.»[69]

الواقع أننا ينبغي ألا نأسف لإبعاد أينشتاين عن الأروقة الجامعية، وقد صار يؤمن أن عمله بدلًا من ذلك في «ذلك الرواق العالمي، حيث أفرخ أجمل أفكاري.»[70]

كان يقوم كل يوم بتجارب فكرية قائمة على افتراضات نظرية سعيًا لاكتشاف الحقائق الكامنة، وقد قال فيما بعد إن التركيز على المسائل الواقعية «حفزني على أن أرى الآثار الفيزيائية للمفاهيم النظرية.»[71] ومن بين الأفكار التي اضطر لبحثها في مكتب براءات الاختراع عشرات من الطرق الجديدة لضبط تزامن الساعات، وتوحيد الزمن من خلال إشارات ترسل بسرعة الضوء.[72]

وعلاوة على ذلك كانت لدى رئيسه هالر عقيدة كانت مفيدة لمبدع ومنظِّر متمرد كما كانت مفيدة لفاحص براءات اختراع: «يجب أن تظل حاستك النقدية حادة جدًّا»، تشكك في كل فرضية، تحدَّ الآراء السائدة، ولا تسلم قط بصحة شيء ما لمجرد أن الآخرين يرونها واضحة، حاول ألا تكون ساذجًا، ووجهه هالر قائلًا: «عندما تفحص طلب براءة اختراع، فكر في أن كل ما يقوله المخترع خطأ.»[73]

نشأ أينشتاين في أسرة سجلت براءات اختراع وحاولت تطبيقها في مجال الأعمال، وقد وجد أن العملية مرضية لأنها تتطلب استخدام كافة المهارات، وقد شحذت إحدى مواهبه العبقرية، وهي القدرة على إجراء تجارب فكرية يستطيع أن يتصور فيها كيف ستتحقق النظرية في الواقع العملي، وقد ساعدته هذه التجارب أيضًا على أن يستبعد الحقائق غير ذات الصلة في مشكلة ما.[74]

ولو قدر له — بدلًا من ذلك — أن يعمل في وظيفة مساعد أستاذ، لشعر بأنه مجبر على أن ينشر كتابات آمنة، وأن يلتزم أقصى درجات الحذر في تحدي الأفكار السائدة، وقد ذكر فيما بعد أن الأصالة والإبداع لم يكونا من المؤهلات الأساسية لصعود السلم الأكاديمي، خاصة في البلاد الناطقة بالألمانية، وكان أينشتاين سيواجه صعوبة كبيرة في التكيف مع النزعات أو الأفكار التي يعتنقها أساتذته، وقد قال: «إن العمل الجامعي الذي يضطر فيه الشخص إلى كتابة أعداد هائلة من الأبحاث العلمية قد يؤدي إلى خلق سطحية فكرية.»[75]

وهكذا فإن الصدفة التي منحته كرسي مكتب براءات الاختراع السويسري بدلًا من العمل في الجامعة قد شحذت فيه — على الأرجح — بعض السمات التي قدر لها أن تجعله ناجحًا؛ تشككه فيما يرد أمامه في الأوراق، واستقلاليته في الحكم التي سمحت له بتحدي المسلمات الأساسية، فلم تكن هناك ضغوط أو محفزات تدفع فاحصي براءات الاختراع إلى التصرف خلافًا لذلك.

أكاديمية أوليمبيا

كان موريس سولوفين Maurice Solovine رومانيًّا يدرس الفلسفة بجامعة برن. اشترى موريس صحيفة وهو يتنزه ذات يوم أثناء إجازة الفصح عام ١٩٠٢، ولاحظ الإعلان الذي نشره أينشتاين لإعطاء دروس خصوصية في الفيزياء («حصص تجريبية مجانية»)، وكان سولوفين أنيقًا محبًّا للفنون ذا شعر قصير ولحية صغيرة تحيط بفمه، وكان يكبر أينشتاين بأربع سنوات، لكنه لم يكن قد قرر بعد إن كان يريد أن يصبح فيلسوفًا أم فيزيائيًّا أم غير ذلك، لذا توجه إلى العنوان وطرق الجرس، وبعد لحظة دوى صوت عال «حاضر». أحدث أينشتاين انطباعًا في الحال، ويقول سولوفين: «لقد كنت مأخوذًا بالبريق غير العادي في عينيه الواسعتين.»[76]

استمر حوارهما الأول قرابة ساعتين، وبعد ذلك رافق أينشتاين سولوفين إلى الشارع، حيث تحدثا لنصف ساعة أخرى، واتفقا على أن يلتقيا في اليوم التالي، وفي الجلسة الثالثة أعلن أينشتاين أن حوارهما الحر أكثر إمتاعًا من إعطاء الدروس بمقابل، وقال لسولوفين: «أنت لست مضطرًّا لأن تأخذ درسًا في الفيزياء، تعال لمقابلتي حينما ترغب، وسوف أسعد بالحديث إليك.» وقد قررا أن يقرآ معًا للمفكرين العظام، ثم يناقشا أفكارهما.

كان يشاركهما جلساتهما كونراد هابيكت، وكان ابنًا لمسئول كبير بأحد البنوك، وطالبًا سابقًا في قسم الرياضيات بمعهد زيورخ الفني. وقد أسموا أنفسهم بأكاديمية أوليمبيا للتهكم على الجمعيات العلمية ذات الأسماء الرنانة. ومع أن أينشتاين كان الأصغر سنًّا، فقد اختاروه الرئيس، وأعد سولوفين شهادة تحمل رسمًا لتمثال نصفي جانبي لأينشتاين تحت خيط من المقانق، وكان نص الإهداء: «رجل واسع المعرفة غزير الاطلاع، يشع علمًا خفيًّا دقيقًا، ويحتل مكانة عليا في علم الكون»[77]

كان غداؤهم عادة وجبة بسيطة من المقانق والجبن والفاكهة والشاي، لكن سولوفين وهابيكت قررا أن يفاجئا أينشتاين في عيد ميلاده بثلاثة أطباق من الكافيار على المائدة، وكان أينشتاين مستغرقًا في تحليل مبدأ جاليليو للقصور الذاتي، وبينما هو يتحدث كان يأخذ ملعقة تلو الأخرى من الكافيار دون أن يبدو أنه يلاحظ، وتبادل هابيكت وسولوفين النظرات خلسة، وسأله سولوفين في النهاية: «هل تعرف ماذا تأكل؟»

صاح أينشتاين: «ياللسماء! إذن كان هذا الكافيار الذي يتحدثون عنه!»، وصمت لحظة ثم أضاف: «حسنًا إذا قدمت طعامًا فاخرًا لفلاحين مثلي فاعلم أنهم لن يدركوا قيمته.»

وبعد مناقشاتهم — التي قد تستمر طوال الليل — كان أينشتاين يعزف أحيانًا على الكمان، وكانوا في فصل الصيف يتسلقون من آن لآخر جبلًا في ضواحي برن ليشاهدوا شروق الشمس، ويقول سولوفين: «كان مشهد النجوم المتلألئة يخلف في أنفسنا انطباعًا قويًّا، ويقودنا إلى مناقشات في الفلك، وكنا نندهش لمنظر الشمس وهي تصعد ببطء في الأفق، وتظهر في النهاية بكل بهائها وروعتها لتغمر جبال الألب بلون وردي رائع»، وكانوا ينتظرون بعد ذلك أن يفتح مقهى الجبل لكي يحتسوا القهوة قبل أن يهبطوا الجبل ويتوجهوا إلى أعمالهم.

ذات مرة تخلف سولوفين عن حضور جلسة من المقرر أن تعقد بشقته، فقد استهوته — بدلًا من ذلك — حفلة موسيقية لرباعي تشيكي، وترك لهما على سبيل الاعتذار «بيضًا مسلوقًا وتحية» كما جاء في رسالته القصيرة التي كتبها باللاتينية. كان أينشتاين وهابيكت يعرفان مدى كره سولوفين لدخان التبغ، وانتقما منه بتدخين الغليون والسيجار في غرفته، وتكديس أثاثه وأطباقه فوق السرير، وكتبا باللاتينية: «دخان كثيف وتحية.» ويقول سولوفين إنه كاد يفقد الوعي من دخان السجائر

عندما رجع إلى شقته، «لقد ظننت أنني سأختنق، وفتحت النافذة على مصراعيها، وبدأت أزيل من فوق السرير كومة الأشياء التي كادت تصل إلى السقف.»[78]

سيصبح سولوفين وهابيكت أصدقاء العمر لأينشتاين، وفيما بعد سيستعيد معهم ذكرى «أكاديميتنا البهيجة التي كانت أقل صبيانية من الأكاديميات المحترمة التي عرفتها فيما بعد عن قرب.» وفي رده على بطاقة بريدية مشتركة أرسلها من باريس زميلاه الاثنان في عيد ميلاده الرابع والسبعين، أثنى أينشتاين على الأكاديمية فقال: «إن أعضاءك أنشئوك ليسخروا من الأكاديميات الوطيدة الشقيقة، ولم أقدِّر كم أصابت سخريتهم الهدف إلا بعد سنوات طوال الملاحظة الواعية.»[79]

تضمنت قائمة قراءات الأكاديمية بعض الكلاسيكيات ذات الموضوعات التي كان أينشتاين يميل إليها، مثل «أنتيجون» مسرحية سوفوكليس الملتهبة عن التمرد على السلطة، و«دون كيخوته» ملحمة سيربانتيس عن المبارزة العنيدة مع طواحين الهواء، ولكن في معظم الأحيان كان أعضاء الأكاديمية الثلاثة يقرءون كتبًا تبحث النقاط المشتركة بين العلوم والفلسفة مثل كتاب A Treatise of Human Nature لدافيد هيوم David Hume، وكتابي Analysis of the Sensations وMechanics and its Development لإرنست ماخ Ernst Mach، وكتاب Ethics لباروخ اسبينوزا Baruch Spinoza، وكتاب Science and Hypothesis لهنري بوانكاريه Henri Poincaré.[80] ومن قراءة هؤلاء المبدعين بدأ فاحص براءات الاختراع الشاب يبتكر فلسفته الخاصة في العلم.

وقال أينشتاين فيما بعد إن أكثر هؤلاء العلماء تأثيرًا هو الفيلسوف التجريبي الاسكتلندي ديفيد هيوم (١٧١١– ١٧٧٦)، وكان هيوم من وجهة نظر لوك وبيركلي يرتاب في أي معرفة بخلاف ما تستشعره الحواس مباشرة، وحتى قوانين السببية الواضحة كانت في رأيه محل شك؛ علاقات ألفها العقل لا أكثر، فاصطدام كرة بأخرى قد يسير بالطريقة التي تنبأت بها قوانين نيوتن مرة بعد مرة، لكن هذا ليس في الحقيقة سببًا يدعونا للاعتقاد بأنه سيسير بنفس الطريقة في المرة القادمة. وقال أينشتاين: «كان هيوم يرى بوضوح أن بعض المفاهيم مثل مفهوم السببية على سبيل المثال لا يمكن أن نصل إليها بطرق منطقية من ملاحظاتنا للتجارب.»

إحدى صور هذه الفلسفة — وتسمى أحيانًا بالفلسفة الواقعية — قد أنكرت صحة أية مفاهيم تتجاوز وصف الظواهر التي نعايشها بصورة مباشرة، وقد راقت

لأينشتاين هذه الفلسفة على الأقل في البداية، وقال: «إن نظرية النسبية تبدو واضحة في الفلسفة الواقعية، وقد كان لهذا المنهج الفكري تأثير عظيم على جهودي، وبالأخص ماخ وهيوم الذي درست كتابه Treatise of Human Nature بنهم وإعجاب قبل فترة وجيزة من اكتشاف نظرية النسبية.»[81]

طبق هيوم تشككه الصارم على مفهوم الزمن، وقال إن من غير المنطقي أن نتحدث عن أن للزمن وجودًا مطلقًا مستقلًّا عن الأشياء التي يمكن إدراكها، والتي تسمح لنا حركاتها بأن نحدد الزمن، وكتب: «من تعاقب الأفكار والانطباعات تتشكل فكرتنا عن الزمن، ومن المستحيل أن يظهر الزمن وحده.» وفكرة عدم وجود ما يسمى بالزمن المطلق سوف يكون لها صداها في النهاية في نظرية النسبية لأينشتاين، ومع ذلك فقد كان تأثير أفكار هيوم المحددة عن الزمن على أينشتاين أقل من تأثير فكرته العامة بأنه من الخطر التحدث عن مفاهيم يستحيل تحديدها بالحواس والمشاهدات.[82]

وقد خفف من حماس أينشتاين لهيوم إعجابه بإمانويل كانط (١٧٢٤–١٨٠٤)، الفيلسوف الألماني الذي عرفه به ماكس تلمود عندما كان صبيًّا في المدرسة، وقال أينشتاين: «لقد لفت كانط الأنظار إليه بفكرة كانت تمثل خطوة نحو حل معضلة هيوم»، فبعض الحقائق تصنف في فئة «معرفة مؤكدة دون شك بحكم المنطق.»

أي أن كانط ميّز بين نوعين من الحقائق: (١) الفرضيات التحليلية القائمة على المنطق و«العقل ذاته» بدلًا من مراقبة العالم، ومن أمثلة هذه الفرضيات: كل العزاب غير متزوجين، وناتج جمع اثنين واثنين هو أربعة، ومجموع زوايا المثلث دائمًا مائة وثمانون درجة؛ (٢) الفرضيات الاستنتاجية القائمة على التجربة والمشاهدة، ومن أمثلة هذه الفرضيات: ميونخ أكبر من برن، وكل البجع أبيض اللون. ويمكن تعديل الفرضيات الاستنتاجية إذا توفرت أدلة تجريبية جديدة، لكن الفرضيات التحليلية لا تقبل التعديل، فربما نكتشف بجعة سوداء، لكننا لن نكتشف أعزب متزوجًا، أو مثلثًا يبلغ مجموع زواياه ١٨١ درجة (على الأقل هكذا ظن كانط)، وقال أينشتاين عن الفئة الأولى من الحقائق وفقًا لتصنيف كانط: «هذه هي الحالة التي تندرج تحتها على سبيل المثال فرضيات الهندسة ومبادئ السببية، فهذه الأنواع من المعارف وأنواع أخرى معينة … لا يتحتم الوصول إليها عن طريق الحواس، أي أنها معلومات أولية.»

للوهلة الأولى وجد أينشتاين إمكانية اكتشاف حقائق معينة بالمنطق وحده أمرًا رائعًا، لكنه سرعان ما بدأ يشكك في التمييز الشديد لكانط بين الفرضيات التحليلية والفرضيات الاستنتاجية. وقال: «لم يبد أن هناك اختلافًا بين الأشياء التي تتعامل معها الهندسة والأشياء التي نصل إليها عن طريق الحواس.» وسوف يرفض فيما بعد هذا التمييز لكانط رفضًا صريحًا، وقد كتب: «أنا مقتنع بأن هذا التمييز خاطئ»، فالفرضية التي تبدو تحليلية بصورة محضة — مثل فرضية أن مجموع زوايا المثلث ١٨٠ درجة — قد يتضح أنها غير صحيحة في الهندسة غير الإقليدية أو الفضاء المنحني (كما هو الحال في نظرية النسبية العامة). وقال أينشتاين فيما بعد عن مفاهيم الهندسة والسببية: «يعرف الجميع حاليًّا بالطبع أن المفاهيم المذكورة لا تتضمن شيئًا من اليقين، أو الحتمية المتأصلة، التي كان كانط يعزوها إليها.»[83]

تطورت فلسفة هيوم التجريبية على يد إرنست ماخ (١٨٣٨–١٩١٦)، الفيزيائي النمساوي والفيلسوف الذي قرأ أينشتاين كتاباته بناء على إلحاح من ميكيلي بيسو، وقد أصبح أحد الكتاب المفضلين في أكاديمية أوليمبيا، وقد رسخ في أينشتاين الشك في الآراء السائدة والأعراف المقبولة، وهي الصفة التي ستصبح علامة مميزة في إبداعه، وسوف يعلن أينشتاين فيما بعد — في كلمات يمكن أن تصفه هو أيضًا — أن عبقرية ماخ ترجع جزئيًّا إلى «شكه المحايد واستقلاليته.»[84]

كان جوهر فلسفة ماخ بتعبير أينشتاين هو: «إن المفاهيم لا يكون لها معنى إلا إذا استطعنا أن نشير إلى أشياء تعبر عنها هذه المفاهيم، وإلى القوانين التي تحدد علاقتها بهذه الأشياء.»[85] وبمعنى آخر، حتى يكون المفهوم منطقيًّا فأنت بحاجة إلى تعريف عملي له؛ تعريف يصف كيف ترصد تطبيق هذا المفهوم في الواقع. وسوف يثمر هذا الفهم نتائج طيبة لأينشتاين عندما يتحدث هو وبيسو بعد بضع سنوات عن المشاهدات التي تعطي معنى لمفهوم «تزامن حدثين.»

كان الشيء الأكثر تأثيرًا الذي أحدثه ماخ في أينشتاين هو تطبيق هذا المنهج على مفاهيم نيوتن عن «الزمن المطلق» و«المكان المطلق»، فقد أكد ماخ استحالة تعريف هذه المفاهيم عن طريق الملاحظة، ولذا فهي بلا معنى، وسخر ماخ من «سخافة مفهوم نيوتن عن المكان المطلق»، ووصفه بأنه «أمر ذهني محض لا يمكن الاستدلال عليه بالتجربة.»[86]

وكان البطل الفكري الأخير في أكاديمية أوليمبيا هو باروخ اسبينوزا (١٦٣٢–١٦٧٧) الفيلسوف اليهودي من أمستردام، وكان تأثيره دينيًّا في المقام الأول، فقد اعتنق أينشتاين مفهومه عن الإله الذي ليس له وجود منفصل، والذي يتجلى في الجمال الباهر والمنطق العقلاني واتساق قوانين الطبيعة، لكن أينشتاين — مثل اسبينوزا — لم يؤمن بإله شخصي يكافئ ويعاقب ويتدخل في حياتنا اليومية.

بالإضافة إلى ذلك استمد أينشتاين من اسبينوزا الإيمان بالحتمية؛ وهي الإحساس بأن قوانين الطبيعة — ما إن نستطيع سبر أغوارها — تفرض أسبابًا ونتائج لا تتغير، وبأنه لا شيء يحدث في كون الله عشوائيًّا. قال اسبينوزا: «كل الأشياء تحكمها جبرية الطبيعة الإلهية»، وحتى عندما أثبتت ميكانيكا الكم خطأ هذا المبدأ، ظل أينشتاين مؤمنًا به إيمانًا راسخًا.[87]

الزواج بميليفا

لم يقدر لهيرمان أينشتاين أن يرى ابنه يحرز نجاحًا أكبر من فاحص براءات اختراع من الدرجة الثالثة، وفي أكتوبر/تشرين الأول ١٩٠٢ عندما بدأت صحة هيرمان تتدهور سافر أينشتاين إلى ميلانو ليكون معه في أيامه الأخيرة، وقد ظلت علاقتهما زمنًا طويلًا خليطًا من المجافاة والعطف، وانتهت على هذا النحو أيضًا. وفيما بعد قالت مساعدة أينشتاين هيلين دوكاس Helen Dukas: «عندما اقترب الأجل طلب هيرمان منهم جميعًا أن يغادروا الغرفة حتى يموت بمفرده.»

ظل أينشتاين بقية حياته يشعر بالذنب بخصوص تلك اللحظة التي جسدت عجزه عن أن يرتبط بأبيه ارتباطًا حقيقيًّا، وللمرة الأولى في حياته أصابه الذهول «وغمره شعور بالوحشة»، وفيما بعد وصف موت والده بأنه أقسى صدمة واجهها في حياته، غير أن هذه الحادثة أزاحت عقبة كبيرة، فعلى فراش الموت أذن هيرمان أينشتاين أخيرًا لابنه في الزواج من ميليفا ماريتش.[88]

واجتمع زميلا أينشتاين بالأكاديمية الأولمبية، موريس سولوفين وكونراد هابيكت في جلسة خاصة في السادس من يناير/كانون الثاني ١٩٠٣، ليكونا شاهدين على حفل الزواج المدني البسيط في مكتب تسجيل الزواج ببرن، حيث تزوج ألبرت أينشتاين ميليفا ماريتش، ولم يحضر زواجهما أفراد عائلتيهما؛ لا والدة أينشتاين ولا شقيقته

ولا أهل ماريتش، وفي ذلك المساء احتفلت مجموعة المفكرين الذين تجمعهم صداقة وثيقة معًا في أحد المطاعم، ثم عاد أينشتاين وماريتش إلى شقته معًا. وما لا يثير الدهشة أنه نسي مفتاحه واضطر إلى إيقاظ صاحبة السكن.[89]

كتب أينشتاين إلى ميكيلي بيسو بعد أسبوعين يقول: «لقد أصبحتُ الآن رجلًا متزوجًا، وأتمتع بالدفء والراحة مع زوجتي، وهي تهتم بكل شيء اهتمامًا كبيرًا، وتحسن الطهو، وتبدو دائمًا مبتهجة.» أما ماريتش[٣] فقد كتبت لإحدى صديقاتها المقربات: «إنني أقرب إلى حبيبي عما كنت في زيورخ إن كان ذلك ممكنًا»، وكانت تحضر من آن لآخر جلسات أكاديمية أوليمبيا، ولكن كمشاهد في معظم الأحيان، ويقول سولوفين: «كانت ميليفا، الذكية المحافظة، تستمع بإمعان، لكنها لم تشترك قط في مناقشاتنا.»

غير أن الغيوم بدأت تلوح في الأفق، فقد تحدثت ماريتش عن أعمالها المنزلية الروتينية ودورها كمجرد مشاهد في الحوارات العلمية فقالت: «إن واجباتي الجديدة قد أنهكتني». شعر أصدقاء أينشتاين أنها تزداد اكتئابًا، وكانت أحيانًا تبدو مقتضبة ومرتابة، وصار أينشتاين يترقب الأسوأ، أو هكذا زعم على الأقل عندما استعاد الماضي، وادعى فيما بعد أنه كان يشعر «بمعارضة داخلية» للزواج بماريتش، لكن «إحساسه بالواجب» تغلب على هذا الشعور.

وسرعان ما بدأت ماريتش في البحث عن طرق لاستعادة سحر علاقتهما، فقد كانت تأمُل في الفرار من الكدح الذي كان يبدو سمة أساسية في منزل الموظف الحكومي السويسري، والبحث — بدلًا من ذلك — عن فرصة لاستعادة حياتهما الجامعية البوهيمية القديمة، وقد قررا — أو على الأقل كانت ماريتش تأمل ذلك — أن يبحث أينشتاين عن وظيفة في مجال التدريس في مكان بعيد، ربما بالقرب من ابنتهما ليسيرل التي تخليا عنها، وكتبت إلى صديقتها في صربيا: «سوف نحاول في أي مكان، هل تعتقدين أن أناسًا مثلنا يستطيعون أن يجدوا فرصة في بلجراد عل سبيل المثال؟» قالت ماريتش إنهما سيقومان بأي عمل تعليمي، حتى تعليم الألمانية في المدارس الثانوية، «أتعرفين؟ لا تزال لدينا روح المغامرة القديمة.»[90]

[٣] بعدما تزوجت أصبحت تستخدم عادة اسم ميليفا أينشتاين-ماريتش، وبعد انفصالهما عادت لاسمها القديم ميليفا ماريتش، وتحاشيًا للبس أشير إليها في هذا الكتاب دائمًا باسم ميليفا ماريتش.

وعلى قدر علمنا لم يذهب أينشتاين قط إلى صربيا للبحث عن عمل أو رؤية ابنته، وفي أغسطس/آب ١٩٠٣ بعد بضعة أشهر من زواجهما صارت السحابة الخفية التي تخيم على حياتهما فجأة أشد قتامة، فقد تلقت ماريتش خبرًا بأن ليسيرل التي كان عمرها آنذاك ١٩ شهرًا قد أصيبت بالحمى القرمزية، فاستقلت القطار إلى نوفي ساد، وعندما توقف القطار في سالزبورج، اشترت بطاقة بريدية تصور قلعة محلية، وخطت عليها رسالة قصيرة أرسلتها بالبريد من محطة في بودابست وجاء فيها: «الوقت يمر بسرعة، لكنه عصيب، ولا أشعر أنني بخير على الإطلاق. ماذا تفعل يا جونزيل؟ أرجو أن تسرع بالكتابة إليّ. حبيبتك دوللي المسكينة.»[91]

يبدو أن الطفلة عرضت للتبني، والدليل الوحيد الذي لدينا هو خطاب غامض كتبه أينشتاين لماريتش في سبتمبر/أيلول بعد أن مر عليها شهر في نوفي ساد جاء فيه: «أنا آسف جدًّا بشأن ما حدث لليسيرل، كثيرًا ما تترك الحمى القرمزية أثرًا باقيًا بعد زوالها، أرجو أن تسير الأمور على ما يرام. كيف سجلت ليسيرل؟ لا بد أن نكون في شدة الحرص، لئلا تواجه الطفلة صعوبات في المستقبل.»[92]

وأيًّا كان دافع أينشتاين لهذا السؤال، فلم يُعثَر على وثائق تسجيل ليسيرل، ولم تبق أية مستندات أخرى تشير إلى وجودها، وقد نقَّب باحثون كثيرون صربيون وأمريكيون — منهم روبرت شولمان Robert Schulmann من مشروع أبحاث أينشتاين وميشيل زاكايم Michele Zackheim التي ألفت كتابًا عن البحث عن ليسيرل — دون جدوى في الكنائس ومكاتب التسجيل والمعابد اليهودية والمقابر.

فقد أزيلت بحرص جميع الأدلة المتعلقة بابنة أينشتاين، وجرى التخلص من جميع الخطابات المتبادلة بين أينشتاين وماريتش في صيف وخريف ١٩٠٢ التي كان الكثير منها على الأرجح يتناول ليسيرل، أما الخطابات المتبادلة ما بين ماريتش وصديقتها هيلين سافيتش خلال تلك الفترة فقد أحرقتها عمدًا عائلة سافيتش، وقد بذل أينشتاين وزوجته طوال حياتيهما وحتى بعد انفصالهما كل ما في وسعهما ليخفيا ليس فقط مصير ابنتهما الأولى بل وجودها ذاته، ونجحا في ذلك نجاحًا مذهلًا.

إحدى الحقائق القليلة التي أفلتت من هذا الثقب الأسود في التاريخ هي أن ليسيرل كانت لا تزال على قيد الحياة في سبتمبر/أيلول ١٩٠٣، ويؤكد ذلك إعراب أينشتاين في خطابه إلى ماريتش في ذلك الشهر عن قلقه بشأن الصعوبات التي قد

تواجه «الطفلة في المستقبل»، ويوضح الخطاب أيضًا أنها كانت قد عرضت للتبني في ذلك الحين، لأن أينشتاين تحدث فيه عن رغبته في إنجاب طفل «بديل».

وهناك تفسيران مقبولان لمصير ليسيرل؛ الأول هو أنها اجتازت نوبة الحمى القرمزية وتربت لدى عائلة للتبني، ففي أكثر من مناسبة فيما بعد في حياته عندما ظهر نساء زعمن (كذبًا كما تبين) أنهن بنات غير شرعيات له، لم يرفض أينشتاين ذلك الاحتمال رفضًا قاطعًا، لكن هذا لا يعني أنه ظن أن إحداهن قد تكون ليسيرل، نظرًا لتعدد علاقاته.

وأحد الاحتمالات التي يحبذها شولمان هو أن هيلين سافيتش صديقة ماريتش قد تبنت ليسيرل؛ فالواقع أنها ربت طفلة تدعى زوركا Zorka كانت عمياء منذ طفولتها المبكرة (ربما نتيجة الحمى القرمزية)، ولم تتزوج قط، وكان ابن أخيها يحول بينها وبين من يسعون إلى إجراء مقابلات معها، وقد توفيت زوركا في التسعينيات.

لكن هذا الاحتمال يرفضه ابن الأخ الذي حمى زوركا، ويدعى ميلان بوبوفيتش Milan Popović، وفي كتاب In Albert’s Shadow الذي ألفه عن الصداقة بين ماريتش وجدته هيلين سافيتش ومراسلاتهما يقول بوبوفيتش: «هناك نظرية تقول بأن جدتي تبنت ليسيرل، لكن بحث تاريخ عائلتي يظهر أنها نظرية لا أساس لها من الصحة»، غير أنه لم يقدم أية أدلة وثائقية — مثل شهادة ميلاد عمته — تؤيد وجهة نظره، فقد أحرقت أمه معظم خطابات هيلين سافيتش، بما فيها أي شيء له علاقة بليسيرل. وتعتمد نظرية بوبوفيتش جزئيًّا على قصص العائلة التي تذكرها كاتبة صربية تدعى ميرا أليكوفيتش Mira Alečković، وتقول نظريته إن ليسيرل ماتت بالحمى القرمزية في سبتمبر/أيلول ١٩٠٣ بعد خطاب أينشتاين في ذلك الشهر، وتنتهي ميشيل زاكايم في كتابها الذي يصف بحثها عن ليسيرل إلى نتيجة مشابهة.[93]

وأيًّا كان ما حدث فقد أضاف إلى اكتئاب ماريتش، وبعد وفاة أينشتاين بفترة قصيرة نشر كاتب يدعى بيتر ميشيلمور Peter Michelmore — ولم يكن يعرف شيئًا عن ليسيرل — كتابًا اعتمد فيه إلى حد ما على حوارات أجراها مع هانز ألبرت أينشتاين، ويقول ميشيلمور في حديثه عن السنة التي تلت زواج أينشتاين وماريتش مباشرة: «وقع أمر ما بين الاثنين، لكن ميليفا لا تقول إلا أنه كان «شخصيًّا جدًّا»، وأيًّا كان هذا الأمر، فقد كانت تكثر التفكير فيه همًّا وقلقًا، ويبدو أن أينشتاين كان مسئولًا بصورة أو بأخرى. حث الأصدقاء ميليفا على التحدث عن مشكلتها وإخراجها

للنور، لكنها أصرت على أنها شخصية جدًّا وحفظتها سرًّا طيلة حياتها، وهذا جزء أساسي في قصة ألبرت أينشتاين لا يزال يكتنفه الغموض.»[94]

ربما كان الإعياء الذي اشتكت منه ماريتش في البطاقة البريدية التي أرسلتها من بودابست سببه أنها أصبحت حاملًا مرة أخرى، وعندما اكتشفت أنها حامل بالفعل، أصابها القلق من أن يغضب هذا الحمل زوجها، لكن أينشتاين عبر عن سعادته عندما سمع الأخبار عن قرب مجيء بديل لابنتهم، وكتب: «لا أشعر بذرة من الغضب لأن دوللي المسكينة ستلد طفلًا جديدًا، بل إنني سعيد بذلك، وقد خطر ببالي أنني يجب أن أحرص على ألا تنجبي ليسيريل أخرى، فلا يصح على أية حال أن تُحرمي مما هو حق لكل امرأة.»[95]

ولد هانز ألبرت أينشتاين في ١٤ مايو/أيار ١٩٠٤، ورفع الطفل الجديد من معنويات ماريتش وأعاد شيئًا من البهجة إلى زواجها، أو هذا على الأقل ما أخبرت به صديقتها هيلين سافيتش، فقد كتبت إليها تقول: «تعالي إلى برن حتى أستطيع أن أراك مرة ثانية، وأريك حبيب قلبي الصغير الذي يدعى أيضًا ألبرت. لا أستطيع أن أعبر لك عن السعادة التي أشعر بها عندما يضحك بمرح حين يستيقظ أو عندما يضرب برجليه وهو يستحم.»

وذكرت ماريتش أن أينشتاين كان «يتصرف بوقار أبوي»، وأنه يقضي الوقت في صنع لعب صغيرة لابنه الرضيع، مثل عربة تلفريك صنعها من الخيط وعلب الثقاب، وظل هانز ألبرت يتذكر حتى بعدما أصبح بالغًا، ويقول: «كانت تلك من أجمل اللعب لدي في ذلك الوقت، وكانت ناجحة، فقد كان يستطيع صنع أجمل الأشياء من قليل من الخيط وعلب الثقاب وما إلى ذلك.»[96]

كان ميلوش ماريتش Milos Marić مبتهجًا بمولد حفيده حتى إنه جاء للزيارة وأهدى أينشتاين وميليفا مالًا كثيرًا يُروى في قصص العائلة (ربما مع بعض المبالغة) أنه كان ١٠٠٠٠ فرنك سويسري، لكن ميلوش ماريتش روى فيما بعد والدموع في عينيه أن أينشتاين رفض المال قائلًا إنه لم يتزوج ابنته من أجل المال، والواقع أن أحوال أينشتاين المالية كانت قد بدأت في التحسن، وبعد أكثر من سنة في مكتب براءات الاختراع كان أينشتاين قد اجتاز مرحلة الاختبار.[97]

الفصل الخامس

السنة المعجزة

الكمات والجزيئات ١٩٠٥



في مكتب براءات الاختراع، ١٩٠٥

مطلع القرن

يقال إن اللورد الموقر كيلفن Lord Kelvin قال في خطاب بالجمعية البريطانية لتقدم العلوم عام ١٩٠٠: «ليس هناك جديد يمكن اكتشافه في الفيزياء الآن، فلم يبق إلا مزيد ومزيد من الدقة في القياس.»[1] وقد جانبه الصواب.

لقد وضع إسحاق نيوتن (١٦٤٢–١٧٢٧) أسس الفيزياء الكلاسيكية في أواخر القرن السابع عشر، وقد اعتمد على اكتشافات جاليليو وآخرين في وضع قوانين تصف عالمًا ميكانيكيًّا يمكن فهمه فهمًا تامًّا؛ فسقوط التفاحة وحركة القمر في مداره تحكمهما نفس قوانين الجاذبية والكتلة والقوة والحركة، والأسباب تؤدي إلى نتائج، والقوى تؤثر على الأجسام، ويمكن من الناحية النظرية تفسير كل شيء وتحديده والتنبؤ به. وقد قال لابلاس Laplace عالم الرياضيات والفلك عن كون نيوتن: «إن الذكاء الذي يعرف جميع القوى المؤثرة في الطبيعة في لحظة معينة، فضلًا عن معرفة مواضع جميع الموجودات في الكون في اللحظة نفسها، سيكون قادرًا على أن يستوعب في معادلة واحدة حركات أكبر الأجرام، وأخف الذرات في العالم؛ ولن يكون أي شيء غامضًا بالنسبة إليه، فالمستقبل والماضي سيكونان حاضرًا في عينيه.»[2]

أعجب أينشتاين بهذه العلاقة السببية الصارمة ووصفها بأنها «أعمق تعاليم نيوتن»،[3] وقد لخص تاريخ الفيزياء متهكمًا فقال: «في البدء (إن كان هناك بدء) خلق الله قوانين نيوتن للحركة، بالإضافة إلى الكتل والقوى اللازمة»، وما أثار إعجاب أينشتاين بصورة خاصة «ما حققته الميكانيكا في مجالات تبدو من الظاهر لا علاقة لها بالميكانيكا» مثل النظرية الحركية التي كان يبحثها، والتي فسرت سلوك الغازات بأنه نتيجة تأثير بلايين الجزيئات التي تتصادم في جميع الاتجاهات.[4]

في منتصف العقد الأول من القرن التاسع عشر ارتبطت ميكانيكا نيوتن بتقدم عظيم آخر، فقد اكتشف العالم التجريبي الإنجليزي مايكل فاراداي Michael Faraday (١٧٩١–١٨٦٧) — ابن الحداد الذي علم نفسه بنفسه — خواص المجالات الكهربية والمغناطيسية، وقد أوضح أن التيار الكهربي يولد مغناطيسية، وأوضح بعد ذلك أن المجال المغناطيسي المتغير يمكن أن يولد تيارًا كهربيًّا، فعندما يتحرك مغناطيس بالقرب من ملف أو العكس يتولد تيار كهربي.[5]

وقد سمحت أعمال الحث الكهرومغناطيسي لفاراداي لرجال أعمال مبدعين، مثل والد أينشتاين وعمه، بأن يبتكروا طرقًا جديدة للجمع ما بين ملفات دوارة ومغناطيسات دوارة لصنع المولدات الكهربية. ونتيجة لذلك كان لدى ألبرت أينشتاين فهم فيزيائي عميق لمجالات فارادي، وليس مجرد فهم نظري لها.

فيما بعد استنبط الفيزيائي الاسكتلندي ذو اللحية الكثة جيمس كلارك ماكسويل (١٨٣١–١٨٧٩) معادلات رائعة تصف — من بين أشياء أخرى — كيف تولد

المجالات الكهربية المتغيرة مجالات مغناطيسية، وكيف تولد المجالات المغناطيسية المتغيرة مجالات كهربية؛ فالمجال الكهربي المتغير يمكن في الواقع أن يولد مجالًا مغناطيسيًّا متغيرًا يستطيع بالتالي أن يولد مجالًا كهربيًّا متغيرًا، وهكذا، وكانت نتيجة هذا الازدواج موجة كهرومغناطيسية.

وكما أن نيوتن قد ولد في السنة التي توفي فيها جاليليو، فقد ولد أينشتاين كذلك في السنة التي توفي فيها ماكسويل، ورأى أن جزءًا من رسالته مواصلة عمل العالم الاسكتلندي، فقد كان مُنظِّرًا نبذ النزعات السائدة، وجعل النغمات الرياضية تحدوه إلى أراض مجهولة، ووجد تناغمًا يقوم على جمال وبساطة نظرية مجال.

ظل أينشتاين طوال حياته مفتونًا بنظريات المجال، وقد وصف نشأة هذه الفكرة في كتاب ألفه بالاشتراك مع زميل له جاء فيه:

> ظهرت فكرة جديدة في الفيزياء، وهي أهم الابتكارات منذ عصر نيوتن: المجال، لقد احتاج الأمر خيالًا علميًّا واسعًا لإدراك أنه لا الشحنات ولا الجسيمات، بل المجال الموجود في الفراغ بين الشحنات والجسيمات هو العنصر الأساسي لوصف الظواهر الفيزيائية. وأثبتت فكرة المجال نجاحها عندما أدت إلى صياغة معادلات ماكسويل، التي تصف تركيب المجال الكهرومغناطيسي.[6]

في البداية بدت نظرية المجال الكهرومغناطيسي التي وضعها ماكسويل متفقة مع ميكانيكا نيوتن، فقد كان ماكسويل يعتقد على سبيل المثال أن الموجات الكهرومغناطيسية — التي تشمل الضوء المرئي — يمكن أن تفسرها الميكانيكا التقليدية لو افترضنا أن الكون ينتشر فيه أثير غير مرئي يحمل أشعة الضوء، ويلعب دور المادة الملموسة التي تتموج وتتذبذب لتنقل الموجات الكهرومغناطيسية، وهو يشبه الدور الذي يلعبه الماء في نقل موجات المحيط، والدور الذي يلعبه الهواء في نقل الموجات الصوتية.

بيد أنه مع نهاية القرن التاسع عشر بدأت تظهر صدوع في أسس الفيزياء الكلاسيكية، وكانت إحدى المشكلات أن العلماء — على الرغم من محاولاتهم الجادة — لم يستطيعوا أن يجدوا أي دليل على حركتنا خلال هذا الأثير المزعوم

الذي ينقل الضوء، وأظهرت دراسة الإشعاع — كيف ينبعث الضوء والموجات الكهرومغناطيسية الأخرى من أجسام فيزيائية — مشكلة أخرى: كانت أشياء غريبة تحدث على الحدود التي تتفاعل عندها نظريات نيوتن التي وصفت ميكانيكا الجسيمات الدقيقة، مع نظرية المجال التي وصفت جميع الظواهر الكهرومغناطيسية.

حتى ذلك الحين كان أينشتاين قد نشر خمسة أبحاث لم تجتذب اهتمامًا يذكر، ولم تمنحه لا الدكتوراه ولا وظيفة تدريس ولو في مدرسة ثانوية، ولو أنه عندئذ ترك الفيزياء النظرية لما لاحظ المجتمع العلمي، وربما كان قد ترقى في درجات السلم الوظيفي حتى أصبح رئيس مكتب براءات الاختراع السويسري، وهو عمل ربما كان سيحرز فيه نجاحًا كبيرًا حقًّا.

لم تكن هناك إشارة تفيد بأنه كان على وشك أن يطلق العنان للسنة المعجزة، التي لم يشهد العلم مثيلًا لها منذ عام ١٦٦٦، عندما اختفى إسحاق نيوتن في بيت أمه في منطقة وولستورب الريفية للفرار من الطاعون الذي اجتاح كامبريدج، وابتكر حساب التفاضل، وتحليل طيف الضوء، وقانون الجاذبية.

لكن الفيزياء كانت مهيأة لأن تنقلب مرة أخرى رأسًا على عقب، وكان أينشتاين مهيأً للقيام بهذه المهمة، فقد كانت لديه الجرأة اللازمة لكي يتخلص من طبقات الآراء السائدة التي كانت تطمس الشروخ الموجودة في أساس الفيزياء، وجعلته قدرته على التخيل يقفز قفزات فكرية عجز عنها المفكرون التقليديون.

والطفرات العلمية التي أحدثها في أربعة أشهر من البحث المحموم من مارس/آذار وحتى يونيو/حزيران ١٩٠٥، كانت لها مؤشرات فيما أصبح واحدًا من أشهر الخطابات الشخصية في تاريخ العلم، فقد كان كونراد هابيكت — زميله الفيلسوف المرح في أكاديمية أوليمبيا — قد انتقل لتوه من برن، وهو ما كان لحسن حظ المؤرخين مبررًا لأن يكتب إليه أينشتاين في أواخر مايو/أيار:

عزيزي هابيكت

لقد خيم بيننا جو مهيب من الصمت، حتى إنني أشعر كما لو أنني قد انتهكت حرمة شيء مقدس عندما أكسره الآن بثرثرة لا معنى لها …

ماذا تفعل أيها الحوت المتجمد؟ لماذا لم ترسل لي بحثك بعد؟ ألا تعلم أنني واحد من الواحد ونصف زميل الذين سيقرءونها باهتمام وسرور أيها البائس؟ أنا أعدك بأربعة أبحاث في مقابل بحثك؛ يتناول الأول الإشعاع

وخواص طاقة الضوء، وهو بحث ثوري جدًّا، كما سترى إذا أرسلت لي بحثك أولًا. والبحث الثاني هو تحديد للأحجام الحقيقية للذرات ... والثالث يثبت أن الأجسام التي لا تزيد عن ١٠٠٠ / ١ من المليمتر، والمعلقة في السوائل، تتحرك حركة عشوائية ملحوظة ترجع إلى حركة حرارية. وقد رصد حركة الأجسام المعلقة بالفعل علماء وظائف الأعضاء، وأطلقوا عليها اسم الحركة البروانية. والبحث الرابع هو مجرد مسودة بسيطة حاليًّا، وهو يتناول الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة التي تستخدم تعديلًا نظرية الزمان والمكان.[7]

كمات الضوء، مارس/آذار ١٩٠٥

كما ذكر أينشتاين لهابيكت، لقد كان أول أبحاث عام ١٩٠٥ هذه — وليس البحث النهائي الشهير الذي يتناول نظرية النسبية — هو الذي يستحق وصف «ثوري»، بل ربما كان يتضمن أكثر الابتكارات ثورية في تاريخ الفيزياء، ففكرة أن الضوء لا يأتي في صورة موجات ولكن في صورة حزم دقيقة — كمات الضوء التي سميت فيما بعد بـ«الفوتونات» — تنقلنا إلى أجواء علمية غريبة أكثر غموضًا — بل أشد هولًا — من أكثر جوانب النسبية غرابة.

وقد أقر أينشتاين بهذا في العنوان العجيب بعض الشيء الذي عنون به البحث الذي قدمه في ١٧ مارس/آذار ١٩٠٥ لمجلة Annalen der Physik، وهو «وجهة نظر إرشادية تتعلق بانبعاث الضوء وانتقاله.»[8] ما معنى إرشادية؟ تعني فرضية تستخدم كدليل وتعطي توجيهًا في حل مسألة، لكنها لا تعد فرضية مثبتة. ومن أول جملة نشرها عن ميكانيكا الكم إلى آخر جملة نشرها عنها — وجاءت في بحث نشر بعد خمسين عامًا تمامًا قبيل وفاته بقليل — ظل أينشتاين يعتبر فكرة الكمات وجميع نتائجها المحيرة إرشادية في أفضل الأحوال؛ أي أنها مؤقتة وناقصة ولا تتفق بالكامل مع أفكاره عن الحقيقة الكامنة.

كانت هناك مسائل في صميم بحث أينشتاين أثارت جنون علماء الفيزياء في مطلع القرن، والواقع أنها كانت كذلك منذ زمن الإغريق حتى اليوم، ومن أمثلتها: هل يتكون الكون من جسيمات، مثل الذرات والإلكترونات؟ أم هو بنية متصلة كما يبدو المجال الكهرومغناطيسي أو مجال الجاذبية؟ وإن كانت هاتان الطريقتان صالحتين أحيانًا لتوصيف الأشياء، فماذا يحدث عندما تتداخلان؟

ومنذ ستينيات القرن التاسع عشر عكف العلماء على البحث عن نقطة التداخل هذه بتحليل ما أطلقوا عليه «إشعاع الجسم الأسود». وكما يعرف كل من استخدم فرن الفخار أو موقد الغاز أن توهج مادة مثل الحديد يتغير لونه كلما ارتفعت درجة الحرارة؛ ففي البداية يظهر أن الحديد يشع في الأساس ضوءًا أحمر، ويتحول هذا الإشعاع مع ارتفاع درجة الحرارة إلى اللون البرتقالي، ثم الأبيض، ثم الأزرق. ولدراسة هذا الإشعاع استنبط جوستاف كيرتشوف وعلماء آخرون وعاء معدنيًّا مغلقًا ذا ثقب دقيق يسمح بخروج قليل من أشعة الضوء، ورسموا بعد ذلك رسومًا بيانية لشدة كل طول موجي عندما يصل الجهاز لحالة الاتزان عند درجة حرارة معينة، وجاءت النتائج واحدة بصرف النظر عن المادة وشكل جدران الوعاء، وكان شكل الرسوم البيانية يتوقف على درجة الحرارة فقط.

كانت هناك مع الأسف مشكلة، فلم يستطع أحد أن يقدم تفسيرًا كاملًا لأساس المعادلة الرياضية التي تنتج هذه المنحنيات البيانية الشبيهة بالتلال.

وعندما توفي كيرتشوف تقلد ماكس بلانك كرسيه بجامعة برلين. ولد بلانك عام ١٨٥٨ في عائلة ألمانية عريقة بها علماء ولاهوتيون ومحامون عظام، وكان يحظى بسمات عديدة لم يكن لدى أينشتاين شيء منها، فقد كان بلانك بنظارته الأنفية وتكلفه في الملبس يبدو ألمانيًّا شديد الفخر بألمانيته، وكان خجولًا بعض الشيء، ذا عزيمة فولاذية، ومتحفظًا بطبيعته، ورسميًّا في مسلكه. وقال صديقهما المشترك ماكس بورن Max Born فيما بعد: «من الصعب تخيل رجلين أشد منهما اختلافًا، فأينشتاين مواطن عالمي، لا يتعلق كثيرًا بالمحيطين به، مستقل عن الخلفية العاطفية للمجتمع الذي يعيش فيه، أما بلانك فشديد التأثر بتقاليد عائلته وشعبه، ووطني غيور، فخور بعظمة تاريخ ألمانيا، وبروسي واع في موقفه تجاه الدولة.»[9]

وقد أدت نزعة بلانك المحافظة إلى تشككه في الذرة والنظريات الجسيمية بوجه عام (في مقابل الموجات ونظريات المجال المتصل)، وقد كتب عام ١٨٨٢: «على الرغم من النجاح العظيم الذي حققته النظرية الذرية حتى الآن، فمآلها أن تفسح المجال لفرضية الطبيعة المتصلة للمادة.» وسوف يشترك بلانك وأينشتاين — في واحدة من مفارقات القدر النادرة على سطح كوكبنا — في وضع أسس ميكانيكا الكم، وبعد ذلك سيحجمان عنها عندما يتضح أنها قوضت مفاهيم السببية واليقينية الصارمتين اللتين كانا يقدسانها.[10]

توصل بلانك عام ١٩٠٠ إلى معادلة معتمدًا إلى حد ما على ما أطلق عليه «التخمين الموفق» الذي وصف منحنى الأطوال الموجية للإشعاع عند كل درجة حرارة، وبذلك يكون قد سلم آخر الأمر بصحة الأساليب الإحصائية لبولتزمان التي كان قد رفضها من قبل، لكن المعادلة كانت لها خاصية غريبة؛ فقد تطلبت استخدام ثابت، وكان هذا الثابت كمية دقيقة لا تفسير لها (٦٫٦٢٦٠٧ × ١٠^{−٣٤} جول · ثانية تقريبًا) ينبغي إضافتها حتى تصبح المعادلة صحيحة، وسرعان ما أطلق عليه ثابت بلانك h، ويعرف الآن بأنه أحد الثوابت الأساسية في الطبيعة.

في البداية لم يكن لدى بلانك أية فكرة عن المعنى الفيزيائي — إن وجد — لهذا الثابت الرياضي، لكنه توصل بعد ذلك إلى نظرية كان يعتقد أنها لا تنطبق فقط على طبيعة الضوء ذاته، بل على التأثير الحادث عند امتصاص مادة للضوء أو انبعاثه منها، وقد افترض أن سطح أي جسم يشع حرارة وضوءًا — مثل جدران جسم أسود — يحتوي على «جزيئات متذبذبة» أو «مذبذبات متناغمة»، مثل زنبركات صغيرة متذبذبة،[11] وتمتص هذه المذبذبات المتناغمة الطاقة أو تبعثها في شكل كمات أو حزم منفصلة، وهذه الكمات أو الحزم من الطاقة لها مقادير ثابتة يحددها ثابت بلانك، فهي لا تقبل التجزئة وليس لها نطاق متصل من القيم.

اعتبر بلانك ثابته الرياضي مجرد حيلة حسابية يفسر بها عملية انبعاث أو امتصاص الضوء، لكنه لا ينطبق على الطبيعة الأساسية للضوء ذاته، ومع ذلك فإن التصريح الذي أدلى به للجمعية الفيزيائية ببرلين في ديسمبر/كانون الأول ١٩٠٠ كان بالغ الأهمية: «ونحن من ثم ننظر إلى الطاقة على أنها تتكون من عدد محدد من الحزم المتساوية المحدودة.»[12]

سرعان ما أدرك أينشتاين أن نظرية الكم يمكن أن تهدم الفيزياء الكلاسيكية، وكتب لاحقًا: «كان كل هذا واضحًا لي تمامًا بعد فترة قصيرة من ظهور عمل بلانك الأساسي، وباءت بالفشل الذريع جميع محاولاتي للتوفيق بين الأسس النظرية للفيزياء وهذه المعرفة. كان الأمر وكأن الأرض قد انسحبت من تحت أقدامنا، ولم يعد ثمة قاعدة راسخة نركن إليها.»[13]

وإلى جانب مشكلة تفسير ثابت بلانك، كانت هناك خاصية غريبة أخرى من خواص الإشعاع تحتاج إلى تفسير، وقد أطلق عليها الظاهرة الكهروضوئية، وهي تحدث عندما يسقط الضوء على سطح معدني فيؤدي إلى تحرر الإلكترونات وانبعاثها.

وفي الخطاب الذي كتبه أينشتاين لماريتش بعد أن علم بحملها مباشرة في مايو/أيار ١٩٠١، تحدث بحماس عن «بحث جميل» لفيليب لينارد بحث فيه هذا الموضوع.

توصل لينارد في تجاربه إلى اكتشاف غير متوقع، فعندما زاد تردد الضوء — منتقلًا من تردد الأشعة تحت الحمراء والضوء الأحمر إلى الضوء البنفسجي والأشعة فوق البنفسجية — انطلقت الإلكترونات المنبعثة بقوة أكبر بكثير، بعد ذلك زاد من شدة الضوء باستخدام مصباح قوس كهربائي يمكن زيادة درجة سطوعه إلى ١٠٠٠ ضعف، والضوء الأكثر سطوعًا والأكثر شدة به قدر أكبر بكثير من الطاقة، لذا كان من المنطقي أن تمتص الإلكترونات المنبعثة قدرًا أكبر من الطاقة، وأن تنطلق بسرعة أكبر، لكن ذلك لم يحدث، فالضوء الأكثر شدة حرر مزيدًا من الإلكترونات، بينما ظلت طاقة كل إلكترون ثابتة، وهذا أمر عجزت النظرية الموجية للضوء عن تفسيره.

أخذ أينشتاين يتأمل أعمال بلانك ولينارد طوال أربع سنوات، وفي بحثه الأخير لعام ١٩٠٤ تحت عنوان «عن النظرية الجزيئية العامة للحرارة» ناقش كيف يتذبذب متوسط طاقة الجزيئات في النظام، ثم طبق هذا على حيز مملوء بالإشعاع، ووجد أن نتائج التجربة تتفق مع النظرية، وكانت عبارته الأخيرة: «أعتقد أن هذا الاتفاق يجب ألا يعزى إلى الصدفة.»[14] وقد كتب لصديقه كونراد هابيكت بعد أن أنهى هذا البحث عام ١٩٠٤ قائلًا: «لقد اكتشفت الآن بطريقة غاية في البساطة العلاقة بين حجم الكمات الأولية للمادة والأطوال الموجية للإشعاع»، ويبدو أنه كان مهيأ بذلك لأن يصوغ نظرية تقول إن مجال الإشعاع يتكون من كمات.[15]

وهذا بالضبط ما فعله في بحثه الذي تناول كمات الضوء عام ١٩٠٥، والذي نشر بعد ذلك بعام، فقد أخذ العملية الرياضية التي اكتشفها بلانك، وفسرها حرفيًّا، وربطها بالنتائج الكهروضوئية للينارد، وحلل الضوء كما لو كان يتكون بالفعل من جسيمات شبيهة بالنقط — كمات الضوء كما أسماها — بدلًا من كونه موجة متصلة.

بدأ أينشتاين بحثه بوصف الفارق الكبير ما بين النظريات القائمة على الجسيمات (مثل النظرية الحركية للغازات) والنظريات التي تتضمن دوالًّا متصلة (مثل المجالات الكهرومغناطيسية في النظرية الموجية للضوء)، وقال: «هناك اختلاف كبير بين النظريات التي صاغها الفيزيائيون عن الغازات وغيرها من الأجسام ذات الكتلة، ونظرية ماكسويل عن العمليات الكهرومغناطيسية فيما يسمى بالفضاء الفارغ.

وفي حين نرى أن حالة الجسم تحددها أوضاع وسرعات عدد كبير جدًّا — لكنه محدد — من الذرات والإلكترونات، فإننا نستخدم الدوال الفراغية المتصلة لوصف الحالة الكهرومغناطيسية لحيز معين.»[16]

وقبل أن يقدم أينشتاين دفاعه عن النظرية الجسيمية للضوء أكد على أن هذا لن يؤدي بالضرورة إلى نبذ النظرية الموجية التي سوف تظل صالحة أيضًا، فقال: «والنظرية الموجية للضوء التي تعتمد على دوال فراغية متصلة قد أبلت بلاء حسنًا في تفسير الظواهر البصرية المحضة، ومن المحتمل ألا تستبدل بها أبدًا نظرية أخرى.»

كانت طريقته في التوفيق بين النظرية الموجية والنظرية الجسيمية توحي بطريقة «إرشادية» أن رصدنا للموجات يتضمن متوسطات إحصائية لمواضع ما يمكن أن يكون جسيمات لا حصر لها، وقال: «علينا أن نتذكر أن المشاهدات البصرية تشير إلى متوسطات زمنية وليس قيمًا لحظية.»

ثم جاءت الجملة التي ربما تكون أكثر الجمل التي كتبها أينشتاين في حياته ثورية، فقد افترض فيها أن الضوء يتكون من جسيمات منفصلة أو حزم من الطاقة، فقال: «وفقًا للفرض الذي ندرسه هنا، فعندما ينتشر شعاع من الضوء من نقطة ما فإن الطاقة لا تتوزع على نحو متصل في فراغ متزايد، بل تتكون من عدد محدد من كمات الطاقة التي تتمركز في مواقع ثابتة في الفراغ، والتي لا يمكن أن تنتج أو تمتص إلا كوحدات كاملة.»

درس أينشتاين هذه الفرضية بالتحقق مما إذا كان حجم من إشعاع الجسم الأسود — وهو ما كان يفترض عندئذ أنه يتكون من كمات منفصلة — قد يسلك في الواقع مسلك حجم من الغازات، وهو ما كان يعرف أنه يتكون من جسيمات منفصلة، فنظر أولًا إلى المعادلات التي توضح كيف تتغير إنتروبيا الغاز عندما يتغير حجمه، ثم قارن هذا التغير بتغير إنتروبيا إشعاع الجسم الأسود عندما يتغير حجمه، ووجد أن إنتروبيا الإشعاع «تتغير تبعًا للحجم وتخضع لنفس القانون الذي يحكم إنتروبيا الغاز المثالي.»

وقد أجرى حسابات باستخدام معادلات بولتزمان الإحصائية للإنتروبيا، فجاءت الميكانيكا الإحصائية التي تصف غازًا مخففًا من الجسيمات مماثلة من الناحية الرياضية للميكانيكا الإحصائية لإشعاع الجسم الأسود. وأدى هذا بأينشتاين إلى إعلان أن الإشعاع «يتصرف من منظور الديناميكا الحرارية كما لو كان يتكون من

كمات مستقلة من الطاقة»، وقد وفرت معادلات بولتزمان أيضًا طريقة لحساب طاقة «جسيم» ضوئي عند تردد معين، واتضح أن هذا يتفق مع ما توصل إليه بلانك.[17]

ومضى أينشتاين يوضح كيف يمكن أن يفسر وجود كمات الضوء هذه ما أسماه مجاملًا «العمل الريادي» للينارد عن الأثر الكهروضوئي، فإذا كان الضوء يتكون من كمات منفصلة، فسوف تتحدد حينئذ طاقة كل كم ببساطة بواسطة تردد الضوء مضروبًا في ثابت بلانك. وإذا افترضنا كما اقترح أينشتاين «أن كم الضوء ينقل طاقته الكاملة إلى إلكترون واحد»، فإن ذلك يعني أن ضوءًا ذا تردد أعلى سوف يؤدي إلى انبعاث الإلكترونات بطاقة أكبر، ومن ناحية أخرى فإن زيادة شدة الضوء (وليس التردد) سوف تعني ببساطة انبعاث مزيد من الإلكترونات، لكن طاقة كل منها ستظل ثابتة.

كان هذا بالتحديد ما اكتشفه لينارد. وبسبب شيء من التواضع أو التردد إلى جانب رغبته في إظهار أن نتائجه جاءت عن طريق الاستنتاج النظري ولم تكن كلها نتيجة استقراء البيانات التجريبية؛ أعلن أينشتاين في الفرضية الأساسية في بحثه أن الضوء يتكون من كمات دقيقة، وقال: «أرى أن مفهومنا لا يتعارض مع خواص الظاهرة الكهروضوئية التي رصدها السيد لينارد.»

وعندما نفخ أينشتاين في جمرات بلانك، حولها إلى نيران تلتهم الفيزياء الكلاسيكية. فما الذي توصل إليه أينشتاين تحديدًا ليجعل من بحثه عام ١٩٠٥ وثبة واسعة — وكم أود أن أقول طفرة — بالنسبة إلى ما قام به بلانك؟

في الواقع كان دور أينشتاين — وفقًا لما ذكره بنفسه في بحث نشر في السنة التالية — هو إدراك المغزى الفيزيائي لاكتشاف بلانك.[18] وكان بلانك الثوري المتردد يرى الكم حيلة رياضية تفسر كيفية انبعاث الطاقة وامتصاصها عند تفاعلها مع المادة، لكنه لم ير أنه يتعلق بحقيقة فيزيائية متأصلة في طبيعة الضوء والمجال الكهرومغناطيسي ذاته. كتب المؤرخان العلميان جيرالد هولتون Gerald Holton وستيفن بروش Steven Brush: «يستطيع المرء أن يفسر بحث بلانك عام ١٩٠٠ على أنه يعني فقط أن فرضية الكم تستخدم كوسيلة رياضية لحساب توزيع إحصائي، وليست فرضية فيزيائية جديدة.»[19]

غير أن أينشتاين اعتبر كمات الضوء سمة من سمات الواقع؛ واحدة من غرائب الكون المحيرة والمزعجة والغامضة والمثيرة للجنون أحيانًا، وكان يرى أن هذه الكمات

من الطاقة (التي سميت عام ١٩٢٦ بالفوتونات)[20] موجودة حتى عندما ينتقل الضوء في الفراغ، وكتب: «نرجو أن نوضح أن تحديد السيد بلانك للكمات الأولية مستقل إلى حد ما عن نظريته عن إشعاع الجسم الأسود»، أي أن أينشتاين يقول إن الطبيعة الجسيمية للضوء خاصية للضوء ذاته، وليست مجرد وصف لكيفية تفاعل الضوء مع المادة.[21]

وحتى بعد أن نشر أينشتاين بحثه لم يقبل بلانك وثبته، وبعد سنتين حذر بلانك موظف براءات الاختراع الشاب من أنه قد بالغ كثيرًا، وأن الكمات تفسر عملية تحدث أثناء انبعاث أو امتصاص الإشعاع، لكنها ليست خاصية حقيقية للإشعاع في الفراغ، ونصح قائلًا: «أنا لا أبحث عن معنى «كم الفعل» (كم الضوء) في الفراغ، ولكن عند موقع الامتصاص والانبعاث.»[22]

استمر رفض بلانك للاعتقاد بأن كمات الضوء حقيقة فيزيائية، وبعد ثماني سنوات من نشر بحث أينشتاين، رشحه بلانك لمنصب في الأكاديمية البروسية للعلوم يتمناه الكثيرون، والخطاب الذي كتبه هو ومؤيدون آخرون كان يفيض بالإطراء، غير أن بلانك أضاف: «يجب ألا يؤخذ عليه أنه ربما يكون قد شط أحيانًا في افتراضاته، كما فعل على سبيل المثال في فرضية كم الضوء.»[23]

وقبل وفاته بوقت قليل فكر بلانك مليًّا في أنه ظل طويلًا يرفض نتائج اكتشافه، وكتب: «استمرت لسنوات عديدة محاولاتي العقيمة لوضع كم الفعل الأولي بطريقة أو بأخرى في إطار نظرية كلاسيكية، وكلفني ذلك جهدًا كبيرًا، ورأى كثير من زملائي في ذلك شيئًا أقرب إلى المأساة.»

والغريب أن كلمات مشابهة سوف تستخدم فيما بعد في وصف أينشتاين، فقد قال عنه بورن إنه يزداد «تحفظًا وتشككًا» بشأن اكتشافات الكم التي مهد الطريق إليها، وأضاف قائلًا: «ويرى كثيرون منا أن هذه مأساة.»[24]

أثمرت نظرية أينشتاين قانونًا للظاهرة الكهروضوئية يمكن التحقق منه بالتجربة، ويقول القانون إن طاقة الإلكترونات المنبعثة تتوقف على تردد الضوء وفقًا لصيغة رياضية بسيطة تشمل ثابت بلانك، وثبت فيما بعد أن الصيغة صحيحة، والفيزيائي الذي أجرى التجربة الحاسمة هو روبرت ميليكان Robert Millikan الذي سيصبح فيما بعد رئيسًا لمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، وسيسعى إلى ضم أينشتاين إليه.

غير أن ميليكان ظل يرفض النظرية حتى بعد أن أثبت صحة معادلات أينشتاين الكهروضوئية، وقال: «على الرغم من النجاح الكبير الذي لاقته معادلة أينشتاين، فقد وُجِد أن النظرية الفيزيائية التي بُنِيت عليها لتكون تعبيرًا رمزيًّا عنها نظرية واهية، حتى إن أينشتاين نفسه — فيما أعتقد — لم يعد مقتنعًا بها.»[25]

كان ميليكان مخطئًا في قوله إن معادلة أينشتاين للظاهرة الكهروضوئية قد رفضت، فالواقع أن قانون الظاهرة الكهروضوئية على وجه الخصوص هو الذي سيفوز أينشتاين بسببه بجائزة نوبل، ومع ظهور ميكانيكا الكم في عشرينيات القرن العشرين أصبحت حقيقة الفوتون جزءًا أساسيًّا من الفيزياء.

غير أن ميليكان لم يجانب الصواب في الفكرة العامة، فسوف يكتشف أينشتاين شيئًا فشيئًا أن النتائج الغريبة والمخيفة للكم — والطبيعة المزدوجة للضوء — محيرة إلى حد بعيد. وفي خطاب كتبه قرب وفاته إلى صديقه العزيز ميكيلي بيسو، بعد أن حازت ميكانيكا الكم قبول الغالبية العظمى من الفيزيائيين، كتب أينشتاين: «هذه السنوات الخمسون التي أمضيتها في التفكير والتأمل لم تقربني أكثر من إجابة السؤال: ما كمات الضوء؟»[26]

رسالة دكتوراه عن حجم الجزيئات، أبريل/نيسان ١٩٠٥

كتب أينشتاين بحثًا سيحدث طفرة في العلم، لكنه لم يستطع حتى ذلك الحين الحصول على الدكتوراه، لذا فقد حاول مرة أن يقدم رسالة مقبولة.

أدرك أينشتاين أنه بحاجة إلى موضوع آمن، وليس موضوعًا راديكاليًّا مثل الكمات أو النسبية، لذا اختار البحث الثاني الذي كان يعمل عليه بعنوان «تحديد جديد للأبعاد الجزيئية» والذي انتهى منه في ٣٠ أبريل/نيسان، وقدمه إلى جامعة زيورخ في يوليو/تموز.[27]

تجنب أينشتاين بوجه عام الفيزياء الإحصائية المبتكرة التي كانت سمة بارزة في أبحاثه السابقة (وفي بحثه عن الحركة البروانية الذي سينتهي منه بعد أحد عشر يومًا)، وربما كان ذلك راجعًا إلى حذره واحترامه للمنهج المحافظ لمرشده ألفريد كلاينر Alfred Kleiner، واعتمد بدلًا من ذلك بصورة أساسية على ديناميكا السوائل التقليدية.[28] لكنه استطاع أن يبحث كيف يتجلى سلوك عدد لانهائي من الجسيمات الدقيقة (الذرات والجزيئات) في ظواهر يمكن رصدها، وبالعكس

كيف يمكن أن يدلنا رصد هذه الظواهر على طبيعة تلك الجسيمات الدقيقة غير المرئية.

وقبل قرن تقريبًا كان العالم الإيطالي أميديو أفوجادرو Amedeo Avogadro (١٧٧٦–١٨٥٦) قد توصل إلى فرضية صحيحة — كما تبين فيما بعد — تقول إن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي على نفس العدد من الجزيئات عند نفس درجة الحرارة والضغط، وأدت هذه الفرضية إلى ظهور هدف صعب؛ وهو حساب هذا العدد من الجزيئات.

الحجم المختار عادة هو الذي يشغله مول واحد من الغاز (وزنه الجزيئي مقدرًا بالجرام)، وهو ٢٢,٤ لترًا في الظروف المعيارية، وفيما بعد أصبح عدد الجزيئات تحت هذه الظروف يعرف بعدد أفوجادرو، وكان تحديد هذا العدد بدقة — ولا يزال — أمرًا عسيرًا بعض الشيء. فالتقدير الحالي حوالي ٦,٠٢٢١٤ × ١٠^٢٣ (وهو رقم كبير؛ فإن نفس هذا العدد من حبات ذرة الفشار يكفي لتغطية أراضي الولايات المتحدة بطبقة سمكها تسعة أميال [١٤,٥ كيلومترًا].)[29]

أجريت معظم القياسات السابقة للجزيئات عن طريق دراسة الغازات، ولكن «الظواهر الفيزيائية التي رُصِدت في السوائل لم تساعد حتى الآن في تحديد الأحجام الجزيئية» كما أشار أينشتاين في الجملة الأولى من بحثه، وكان أينشتاين في هذه الرسالة (بعد أن أدخل عليها بعد ذلك بضع تصحيحات في الرياضيات والبيانات) أول من يستطيع الحصول على نتائج مرضية باستخدام السوائل.

وتضمنت طريقته استغلال البيانات المتعلقة باللزوجة، وهي مقدار مقاومة السائل لمرور جسم خلاله، فالقار والعسل الأسود على سبيل المثال من المواد ذات اللزوجة العالية، وإذا أذبت السكر في الماء فإن لزوجة المحلول تزداد كلما زاد تركيز السكر، وتصور أينشتاين أن جزيئات السكر تنتشر تدريجيًّا خلال جزيئات الماء الأصغر، واستطاع أن يتوصل إلى معادلتين تحتوي كل منهما على المتغيرين المجهولين — حجم جزيئات السكر وعددها في الماء — اللذين كان يسعى إلى حسابهما، واستطاع بعد ذلك حل هاتين المعادلتين، وحصل على نتيجة لعدد أفوجادرو هي ٢,١ × ١٠^٢٣.

للأسف لم يكن هذا الرقم قريبًا من الصواب، وعندما قدم بحثه إلى مجلة Annalen der Physik في أغسطس/آب بعد أن قبلته جامعة زيورخ مباشرة، أوقف

نشره رئيس التحرير بول درود (الذي لم يكن يدري لحسن الحظ برغبة أينشتاين فيما مضى في التهكم عليه) لأنه علم بوجود بيانات أفضل عن خواص محاليل السكر، وتوصل أينشتاين باستخدام هذه البيانات الجديدة إلى نتيجة كانت أقرب إلى الصواب وهي ٤٫١٥ × ١٠^٢٣.

وبعد بضع سنوات اختبر طالب فرنسي الطريقة تجريبيًّا واكتشف بها خطأً، لذا طلب أينشتاين من مساعده في زيورخ دراسة الموضوع بالكامل مرة أخرى، فوجد خطأً طفيفًا، وعندما جرى تصحيحه أعطى نتيجة ٦٫٥٦ × ١٠^٢٣، وأصبحت مقبولة تمامًا.[30]

فيما بعد قال أينشتاين — ربما على سبيل المزاح — إنه عندما قدم رسالته رفضها الأستاذ كلاينر لأنها قصيرة جدًّا، ولذا أضاف جملة واحدة أخرى فقبلت على الفور، ولا توجد أية وثائق تؤكد صحة ذلك.[31] وعلى أية حال فقد أصبحت رسالته بالفعل واحدة من الأبحاث التي يكثر الاستشهاد بها، والتي ينتفع بتطبيقاتها العملية في مجالات متنوعة مثل خلط الأسمنت ومنتجات الألبان ومنتجات الأيروسول، ومع أنها لم تساعده في الحصول على وظيفة أكاديمية، فقد جعلت من الممكن أن يلقب أخيرًا بالدكتور أينشتاين.

الحركة البروانية، مايو/أيار ١٩٠٥

بعد أحد عشر يومًا من انتهائه من رسالته، كتب أينشتاين بحثًا آخر يتناول أدلة وجود الأشياء غير المرئية، واعتمد — كما كان يفعل منذ عام ١٩٠١ — على التحليل الإحصائي للسلوكيات العشوائية للجسيمات غير المرئية، ليوضح كيف تظهر في الواقع.

شرح أينشتاين في أثناء ذلك ظاهرة تعرف بالحركة البروانية ظلت تحير العلماء قرابة ثمانين عامًا: لماذا تتأرجح الجسيمات الصغيرة المعلقة في سائل مثل الماء جيئة وذهابًا؟، واستطاع أيضًا إلى حد بعيد أن يثبت بصورة حاسمة أن للذرات والجزيئات وجود ملموس.

سميت الحركة البروانية بهذا الاسم نسبة إلى عالم النبات الاسكتلندي روبرت براون Robert Brown الذي نشر عام ١٨٢٨ ملاحظات مفصلة عن الحركة العشوائية لحبيبات اللقاح الدقيقة المعلقة في الماء عند فحصها تحت مجهر قوي. أجريت الدراسة على جسيمات أخرى، منها برادة من تمثال أبي الهول، وقدمت تفسيرات مختلفة.

ربما كان للظاهرة علاقة بتيارات الماء الدقيقة أو تأثير الضوء، غير أن أيًّا من هذه النظريات لم تبد متفقة مع المنطق.

حاول البعض استخدام النظرية الحركية في تفسير الحركة البروانية، وقد ظهرت النظرية الحركية في سبعينيات القرن التاسع عشر، واعتمدت على الحركة العشوائية للجزيئات لتفسير أشياء مثل سلوك الغازات، ولكن لما كان حجم الجسيمات المعلقة يبلغ ١٠٠٠٠ ضعف حجم جزيئات الماء، فيبدو أن قدرة الجزيء على زحزحة الجسيم لن تزيد على قدرة كرة البيسبول على زحزحة جسم يبلغ قطره نصف ميل.[32]

أوضح أينشتاين أنه على الرغم من أن تصادمًا واحدًا لا يمكن أن يزحزح الجسيم، فإن محصلة ملايين التصادمات العشوائية في الثانية يمكن أن تفسر التأرجح الذي لاحظه براون، وجاء في أولى جمل البحث: «سوف يتضح في هذا البحث أنه وفقًا للنظرية الحركية الجزيئية للحرارة، فإن الأجسام ذات الأحجام المجهرية المعلقة في سائل لا بد أن تتحرك — بفعل الحركة الحرارية للجزيئات — تحركات يمكن رؤيتها بسهولة بواسطة المجهر.»[33]

ثم قال شيئًا يبدو للوهلة الأولى محيرًا بعض الشيء، إذ قال إن بحثه ليس محاولة لتفسير الحركة البروانية، بل إنه تصرف كما لو كان غير متأكد أيضًا من أن الحركات التي استنتجها من نظريته هي نفسها الحركات التي لاحظها براون، وقال: «من الممكن أن تكون الحركات التي نتناولها هنا مطابقة لما يسمى بالحركة الجزيئية البروانية، ولكن البيانات المتاحة لي عن الحركة البراونية بعيدة كل البعد عن الدقة بحيث لا أستطيع أن أكوّن رأيًا عن المسألة.» وبعد ذلك خرج بعمله من إطار تفسير الحركة البروانية فقال: «لقد اكتشفت أنه، وفقا للنظرية الذرية، لا بد أن تكون هناك حركة للجسيمات المجهرية المعلقة يمكن رصدها، دون العلم بأن الأرصاد المتعلقة بالحركة البروانية معروفة منذ وقت طويل.»[34]

يبدو اعتراضه على أنه يتناول الحركة البروانية للوهلة الأولى غريبًا، بل ماكرًا، فقد كتب لكونراد هابيكت قبل بضعة أشهر يقول: «لقد رصد علماء وظائف الأعضاء هذه الحركة للأجسام المعلقة، وأطلقوا عليها الحركة الجزيئية البروانية.» ومع ذلك فإن رؤية أينشتاين كانت حقيقية ومهمة، فلم يبدأ بحثه بالحقائق المرصودة للحركة البروانية، ثم ينطلق إلى تفسيرها، بل كانت تتمة لتحليله الإحصائي السابق عن كيفية ظهور حركات الجزيئات في الواقع.

أي أن أينشتاين كان يرغب في أن يؤكد على أنه أقام نظريته على مبادئ ومسلمات أساسية، وليس على دراسة بيانات فيزيائية (كما أوضح أن بحثه عن كمات الضوء لم يعتمد على بيانات الظاهرة الكهروضوئية التي جمعها فيليب لينارد)، وهو فارق سيركز عليه — كما سنرى قريبًا — عندما يؤكد على أن نظرية النسبية لم تكن فقط محاولة لتفسير النتائج التجريبية المتعلقة بالأثير وسرعة الضوء.

أدرك أينشتاين أن اصطدام جزيء ماء واحد بحبة لقاح معلقة لن يؤدي إلى حركة يمكن رصدها، غير أن الجسيم يتعرض في أي لحظة معينة لاصطدامات من جميع الجوانب بواسطة آلاف الجزيئات، وفي لحظة معينة قد يتعرض جانب معين من الجسيم لعدد أكبر كثيرًا من الصدمات، ثم في لحظة أخرى يتلقى جانب آخر القصف الأكثر.

وتكون النتيجة تحركات قصيرة عشوائية ينتج عنها ما يسمى بالسير العشوائي، وأفضل طريقة لنتصور هذه الحركة هي أن نتخيل رجلًا مخمورًا يتحرك بدءًا من أحد أعمدة الإنارة، ويمشي مترنحًا خطوة واحدة في اتجاه عشوائي كل ثانية، فربما نجده بعد اثنتين من هذه الخطوات قد تقدم خطوة ثم تراجع إلى موضعه عند عمود الإنارة، أو ربما يخطو خطوتين بعيدًا في نفس الاتجاه، أو ربما يخطو خطوة تجاه الغرب وأخرى تجاه الشمال الشرقي، ويكشف التمثيل البياني البسيط عن شيء طريف في هذه الحركة العشوائية، وهو أن بُعد هذا المخمور عن عمود الإنارة يتناسب من الناحية الإحصائية تناسبًا طرديًّا مع الجذر التربيعي لعدد الثواني التي أمضاها في الحركة.[35]

أدرك أينشتاين أنه ليس من الممكن ولا من الضروري قياس كل نقلة صغيرة في الحركة البروانية، ولا قياس سرعة الجسيم في أي لحظة، ولكن كان من السهل نسبيًّا قياس الإزاحة الكلية للجسيمات التي تتحرك حركة عشوائية، فهذه المسافات تتسع مع الوقت.

أراد أينشتاين افتراضات حقيقية يمكنه اختبارها، لذا استخدم معرفته النظرية والبيانات التجريبية عن اللزوجة ومعدلات الانتشار للوصول إلى افتراضات دقيقة توضح المسافة التي يجب أن يتحركها الجسيم وفقًا لحجمه ودرجة حرارة السائل، فقد افترض على سبيل المثال في حالة جسيم يبلغ قطره ١/١٠٠٠ من المليمتر في الماء عند درجة حرارة ١٧ مئوية أن يصل «متوسط الإزاحة في دقيقة واحدة إلى ٦ ميكرون.»

كان هنا شيء يمكن اختباره بالفعل وله نتائج عظيمة، وكتب يقول: «إذا كان من الممكن رصد الحركة التي نتناولها هنا، فلا يمكن حينئذ اعتبار الديناميكا الحرارية التقليدية صالحة تمامًا.» وأنهى أينشتاين — الذي كان أكثر براعة في وضع النظريات منه في إجراء التجارب — بحثه بتحريض رائع: «دعنا نأمل أن ينجح أحد الباحثين قريبًا في حل المسألة المعروضة هنا، وهي في غاية الأهمية لنظرية الحرارة.»

وفي غضون أشهر استخدم عالم تجريبي ألماني يدعى هنري سايدنتوف Henry Seidentopf مجهرًا قويًّا لتأكيد افتراضات أينشتاين، وكان الوجود المادي للذرات والجزيئات قد ثبت بصورة حاسمة. وفيما بعد قال ماكس بورن عالم الفيزياء النظرية: «في الوقت الذي كان فيه وجود الذرات والجزيئات لا يزال مستبعدًا، جاءت أبحاث أينشتاين فقطعت شوطًا في طريق إقناع الفيزيائيين بحقيقة وجود الذرات والجزيئات.»[36]

كان من مزايا بحث أينشتاين أيضًا أنه قدم طريقة أخرى لتحديد عدد أفوجادرو، وقال إبراهام بيس Abraham Pais عن بحثه: «إنه يحفل بالأفكار الجديدة، ونتيجته النهائية — أن عدد أفوجادرو يمكن تحديده من مشاهدات باستعمال مجهر عادي — تسبب دائمًا لحظة من الدهشة، حتى لو كان المرء قد قرأ البحث من قبل، ويعرف بالتالي خلاصة الموضوع.»

كان من جوانب عبقرية عقل أينشتاين أنه يستطيع أن يتعامل مع أفكار متنوعة في وقت واحد، وحتى عندما كان يتأمل الجسيمات المتراقصة في سائل، كان يعمل ذهنه في نظرية مختلفة تتضمن الأجسام المتحركة وسرعة الضوء، وبعد يوم أو نحو ذلك من إرسال بحثه عن الحركة البروانية، وعندما كان يتحدث مع صديقه ميكيلي بيسو، طرأت له فكرة عبقرية، وسوف تؤدي هذه الفكرة — كما كتب إلى هابيكت في خطابه الشهير في ذلك الشهر — إلى «تعديل نظرية المكان والزمان.»

الفصل السادس

النسبية الخاصة

١٩٠٥



برج الساعة ببرن

الخلفية

النسبية مفهوم بسيط، فهي تؤكد على أن القوانين الأساسية للفيزياء لا تتغير مهما كانت حالتك من حركة أو سكون.

هذا المفهوم مقبول تمامًا في الحالة الخاصة التي يكون المشاهد فيها متحركًا بسرعة ثابتة. تخيل رجلًا يجلس في مقعد في بيته، وامرأة على متن طائرة تنساب

بنعومة فوق السحاب، يستطيع كل منهما أن يتناول قدحًا من القهوة، أو يضرب كرة على الأرض، أو يضيء كشافًا، أو يسخن كعكة في فرن ميكروويف. وتنطبق في جميع هذه الحالات نفس قوانين الفيزياء.

والواقع أنه لا توجد طريقة نحدد بها أيهما «في حالة حركة» وأيهما «في حالة سكون»، فالرجل الجالس في مقعده يمكن أن يعتبر نفسه في حالة سكون والطائرة في حالة حركة، والمرأة في الطائرة يمكن أن تعتبر نفسها في حالة سكون والأرض تنساب من تحتها، وليست هناك تجربة تثبت أيهما على صواب.

ليس هناك بالفعل صواب مطلق، وكل ما نستطيع قوله هو أن كلًّا منهما يتحرك بالنسبة إلى الآخر، وبالطبع يتحرك كلاهما بسرعة كبيرة جدًّا بالنسبة إلى الكواكب والنجوم والمجرات الأخرى.[١]

ونظرية النسبية الخاصة التي ابتكرها أينشتاين عام ١٩٠٥ لا تنطبق إلا على هذه الحالة الخاصة (ومن ثم جاء اسمها): موقف يتحرك فيه المشاهدان بسرعة ثابتة أحدهما بالنسبة إلى الآخر — في خط مستقيم بسرعة منتظمة — وهو ما يعرف «بنظام التوجيه الذاتي».[1]

ومن الأصعب أن نثبت المبدأ الأشمل، وهو أن الشخص عندما يزيد سرعة سيارته أو ينعطف أو يستدير أو يضغط بقوة على الفرامل أو يتحرك بطريقة عشوائية؛ لا نستطيع أن نصف حركته بأنها حركة مطلقة، لأن القهوة تتحرك في الفنجان، والكرات تتدحرج بعيدًا بصورة مختلفة عما يحدث للناس في قطار أو طائرة أو كوكب إذا كان كل منها ينساب بنعومة. وسوف يستغرق الأمر أينشتاين أكثر من عشر سنوات كما سنرى حتى يتوصل إلى ما أسماه نظرية عامة للنسبية، وهي النظرية التي وضعت الحركة المتسارعة في إطار نظرية الجاذبية وحاولت تطبيق مفهوم النسبية عليها.[2]

بدأت قصة النسبية في عام ١٦٣٢ عندما صاغ جاليليو المبدأ الذي ينص على أن قوانين الحركة والميكانيكا (لم تكن قوانين الكهرومغناطيسية قد اكتشفت بعد) متماثلة في جميع أنظمة الإحداثيات ذات السرعة الثابتة، وفي كتابه Dialogue Concerning

[١] الواقع أن الشخص الجالس في مقعده «في حالة سكون» يدور مع دوران الأرض حول نفسها بسرعة ١٠٤٠ ميل في الساعة، ويدور معها حول الشمس بسرعة ٦٧٠٠٠ ميل في الساعة، وعندما أصف هذا المشاهد بأنه يتحرك بسرعة ثابتة فإنني أتجاهل تغير السرعة الناتج عن وجود الشخص فوق كوكب يتحرك في مداره فضلًا عن دورانه حول نفسه، ولا يؤثر هذا في معظم التجارب الشائعة. (راجع Miller 1999, 25).

the Two Chief World Systems أراد جاليليو أن يدافع عن فكرة كوبرنيكوس بأن الأرض ليست المحور الثابت للكون الذي تدور حوله بقية الأجرام، وجادل المتشككون بأن الأرض لو كانت تدور كما يقول كوبرنيكوس لشعرنا بدورانها، وفند جاليليو هذا الرأي بتجربة فكرية واضحة وعبقرية عن المكوث داخل حجرة في سفينة تبحر بنعومة:

> أغلق على نفسك الباب مع بعض الأصدقاء داخل الكابينة الرئيسية تحت سطح إحدى السفن الكبيرة، وخذ معك بعض الذباب والفراش والحيوانات الطائرة الصغيرة، وخذ وعاء كبيرًا مملوءًا بالماء وبه بعض الأسماك، وعلق زجاجة يسقط منها الماء قطرة قطرة في وعاء كبير تحتها. وعندما تكون السفينة ساكنة تمامًا، راقب بعناية كيف تطير الحشرات الصغيرة بسرعة ثابتة في جميع جوانب الكابينة، ويسبح السمك في جميع الاتجاهات على السواء، وتسقط قطرات الماء في الوعاء أسفلها، وكيف عندما تلقي بشيء إلى صديقك لا تحتاج لأن تلقيه بقوة أكبر في أحد الاتجاهات عن الاتجاه الآخر، لأن المسافات متساوية، وعندما تقفز بقدميك معًا، فأنت تقطع مساحات متساوية في كل اتجاه. وعندما تلاحظ كل هذه الأشياء بعناية، أبحر بالسفينة بأية سرعة تحبها شريطة أن تكون الحركة منتظمة وليست متذبذبة في هذا الاتجاه أو ذاك، ولن ترى أي تغيير على الإطلاق في كل التأثيرات التي ذكرناها، ولن تستطيع أن تحدد باستخدام أي منها ما إذا كانت السفينة تتحرك أم ساكنة.[3]

ليس هناك وصف أفضل للنسبية، أو على الأقل لكيفية تطبيق هذا المبدأ على نظامين يتحركان بسرعة ثابتة أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

من السهل أن تجري محادثة داخل سفينة جاليليو، لأن الهواء الذي يحمل موجات الصوت ينتقل مع الأشخاص الموجودين في الغرفة، وبالمثل، لو ألقى أحد المسافرين في سفينة جاليليو بحصاة في وعاء الماء، لأحدثت نفس الموجات التي كانت ستحدثها لو كان الوعاء مستقرًّا على الشاطئ؛ وذلك لأن الماء الذي ينشر الموجات يتحرك بنعومة مع الوعاء، وبقية الأشياء في الغرفة.

يمكن أن تفسر الميكانيكا الكلاسيكية بسهولة موجات الصوت وموجات الماء، فهي ببساطة اضطراب ينتقل في وسطٍ ما، ولهذا لا ينتقل الصوت في الفراغ، لكنه

يمكن أن ينتقل في أوساط مثل الهواء أو الماء أو المعادن، وعلى سبيل المثال تنتقل موجات الصوت خلال الهواء في درجة حرارة الغرفة بسرعة ٧٧٠ ميلًا في الساعة في صورة اضطراب متذبذب يضغط الهواء ويخلخله.

وفي أعماق سفينة جاليليو لا يتغير سلوك موجات الصوت والماء عن سلوكها على البر، لأن الهواء في الغرفة والماء في الأوعية يتحركان بنفس السرعة التي يتحرك بها المسافرون، ولكن تخيل الآن أنك تصعد فوق سطح السفينة وتنظر إلى الموجات في المحيط، أو أنك تقيس سرعة موجات الصوت الصادرة من بوق قارب آخر، فالسرعة التي تتحرك بها هذه الموجات تجاهك تعتمد على حركتك بالنسبة إلى الوسط (الماء أو الهواء) الذي يحملها.

أي أن السرعة التي تصل بها إليك موجات المحيط تعتمد على سرعة حركتك خلال الماء تجاه مصدر الموجة أو بعيدًا عنه، وبالمثل تعتمد سرعة موجات الصوت بالنسبة إليك على حركتك بالنسبة إلى الهواء الذي يحمل موجات الصوت.

تبدو هذه السرعات النسبية منطقية؛ تخيل أنك تقف في المحيط والأمواج تتحرك نحوك بسرعة ١٠ أميال في الساعة، فإذا ركبت دراجة مائية واندفعت مباشرة في اتجاه الأمواج بسرعة ٤٠ ميلًا في الساعة، فسوف تراها تتحرك تجاهك وتتجاوزك بسرعة ٥٠ ميلًا في الساعة (بالنسبة إليك). تخيل بالمثل أن موجات الصوت تأتي تجاهك من بوق قارب بعيد، وتنتقل خلال الهواء الساكن بسرعة ٧٧٠ ميلًا في الساعة تجاه الشاطئ، فإذا ركبت دراجتك المائية وتوجهت نحو البوق بسرعة ٤٠ ميلًا في الساعة، فسوف تتحرك موجات الصوت نحوك وتتجاوزك بسرعة ٨١٠ ميلًا في الساعة (بالنسبة إليك).

وقد أدى كل هذا إلى سؤال كان يشغل ذهن أينشتاين وهو في السادسة عشرة، عندما تخيل نفسه ينطلق بمحاذاة حزمة ضوئية: هل يتغير مسلك الضوء؟

تصور نيوتن الضوء على أنه في الأساس تيار من الجسيمات المنبعثة، ولكن في عصر أينشتاين كان معظم العلماء يقبلون النظرية المنافسة التي اقترحها كريستيان هويجينز Christiaan Huygens الذي كان معاصرًا لنيوتن، والقائلة بأن الضوء يجب اعتباره موجة.

وفي أواخر القرن التاسع عشر أكد عدد كبير من التجارب على النظرية الموجية، وقد أجرى توماس يونج Thomas Young — على سبيل المثال — تجربة شهيرة

يعيدها اليوم طلبة المدارس الثانوية، وتوضح كيف يحدث الضوء المار خلال شقين نمط تداخل يشبه نمط تداخل موجات الماء المارة خلال شقين، وفي كلتا الحالتين تتراكب قمم وقيعان الموجات النابعة من كلا الشقين تراكبًا بناءً في بعض الأماكن وتراكبًا هدامًا في أماكن أخرى.

وقد ساعد جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell على إضفاء أهمية على النظرية الموجية عندما افترض وجود علاقة بين الضوء والكهربية والمغناطيسية، فقد توصل إلى معادلات تصف سلوك المجالات الكهربية والمغناطيسية، وكان الجمع بينهما إيذانًا بالموجات الكهرومغناطيسية. اكتشف ماكسويل أن هذه الموجات الكهرومغناطيسية لا بد أن تنتقل بسرعة معينة هي ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية تقريبًا،[٢] وكانت هذه هي سرعة الضوء التي قاسها العلماء بالفعل، وكان من الواضح أنها ليست مجرد مصادفة.[4]

وقد أصبح واضحًا أن الضوء هو التمثيل المرئي لطيف كامل من الموجات الكهرومغناطيسية، ويشمل هذا النطاق ما نطلق عليه حاليًّا موجات الراديو AM (ويبلغ طولها الموجي ٣٠٠ ياردة) وموجات الراديو FM (ثلاث ياردات) والميكروويف (ثلاث بوصات)، وعندما تقصر الأطوال الموجية (ويزداد بذلك تردد الموجات) فإنها تنتج طيف الضوء المرئي الذي يتراوح بين الأحمر (٢٥ من المليون من البوصة) إلى البنفسج (١٤ من المليون من البوصة)، والأطوال الموجية الأكثر قصرًا تنتج الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما، وعندما نتحدث عن «الضوء» وعن «سرعة الضوء» فإننا نقصد جميع الموجات الكهرومغناطيسية، وليس فقط الموجات التي نراها بأعيننا.

أثار ذلك بعض الأسئلة المهمة مثل: ما الوسط الذي تنتشر فيه هذه الموجات؟ وإلى أي شيء تنسب سرعتها التي تبلغ ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية؟

كانت الإجابة فيما يبدو أن موجات الضوء هي اضطراب في وسط غير مرئي أطلق عليه اسم الأثير، وأن سرعتها تحسب بالنسبة إلى ذلك الأثير، أي أن الأثير كان لموجات الضوء كالهواء لموجات الصوت. وقال أينشتاين فيما بعد: «اتضح بما لا يدع

[٢] بمزيد من الدقة، ١٨٦٢٨٢٫٤ ميلًا في الثانية أو ٢٩٩٧٩٢٤٥٨ مترًا في الثانية في الفراغ، ويشير مصطلح «سرعة الضوء» إلى سرعته في الفراغ ما لم يذكر خلاف ذلك، وتنطبق هذه السرعة على جميع الموجات الكهرومغناطيسية، المرئية وغير المرئية، وهي أيضًا — كما اكتشف ماكسويل — سرعة سريان الكهرباء في الأسلاك.

مجالًا للشك أن الضوء يجب أن يفسر على أنه عملية تذبذب في وسط مرن خامل يملأ فراغ الكون.»[5]

كان هذا الأثير للأسف يحتاج إلى كثير من الخصائص المحيرة، فلما كان الضوء القادم من النجوم السحيقة يستطيع الوصول إلى الأرض، كان لا بد أن يكون الأثير منتشرًا في كل أرجاء الكون، وكان لا بد أن يكون كخيوط العنكبوت — أو أثيري إن جاز القول — بحيث لا يؤثر على الكواكب والأجرام الذي يسبح خلالها، ومع ذلك فقد كان يجب أن يكون صلبًا بدرجة كافية بحيث يسمح للموجة بأن تتذبذب خلاله بسرعة هائلة.

أدى كل هذا إلى البحث الشهير عن الأثير في أواخر القرن التاسع عشر. لو كان الضوء بالفعل موجة تنتقل خلال الأثير، لرأيت الموجات تمر بجوارك بسرعة أكبر إذا كنت تتحرك عبر الأثير باتجاه مصدر الضوء، وقد ابتكر العلماء كل أنواع الأجهزة والتجارب العبقرية لاكتشاف هذا الفارق في السرعة.

فقد استخدموا فرضيات مختلفة عن سلوك الأثير، وبحثوا عنه كما لو كان ساكنًا والأرض تتحرك خلاله بسهولة، وبحثوا عنه كما لو كانت الأرض قد سحبت أجزاء منه في دورانها كما تسحب أجزاء من غلافها الجوي، بل درسوا أيضًا احتمالًا مستبعدًا بأن الأرض هي الشيء الوحيد الساكن بالنسبة للأثير، وإن كل ما في الكون يدور حولها، بما في ذلك الكواكب والشمس والنجوم، وحتى كوبرنيكوس المسكين الراقد في قبره.

إحدى التجارب التي وصفها أينشتاين فيما بعد بأنها «ذات أهمية جوهرية في نظرية النسبية الخاصة»[6] أجراها عالم الفيزياء الفرنسي هيبوليت فيزو Hippolyte Fizeau، الذي حاول قياس سرعة الضوء في وسط متحرك، فقد شطر شعاع الضوء بواسطة مرآة نصف شفافة تسمح بنفاذ جزء من شعاع الضوء خلال الماء في اتجاه جريانه وتعكس الجزء الآخر ضد اتجاه جريان الماء، وبعد ذلك يتحد جزءا الشعاع من جديد، فإذا أخذ أحد المسارين مسافة أطول فإن قمم وقيعان موجاته لن تنطبق على موجات الشعاع الآخر، ويستطيع القائمون بالتجربة إدراك ذلك بالنظر إلى نمط التداخل الذي ينتج عندما تتحد الموجتان.

وقد أجرى ألبرت مايكلسون Albert Michelson وإدوارد مورلي Edward Morley تجربة أخرى أكثر شهرة إلى حد بعيد في كليفلاند عام ١٨٨٧، فقد صنعا آلة غريبة

تشطر أيضًا شعاع الضوء وترسل أحد الجزأين جيئة وذهابًا إلى مرآة في نهاية ذراع موازٍ لاتجاه دوران الأرض، وترسل الجزء الآخر جيئة وذهابًا على طول ذراع عمودي على اتجاه دوران الأرض، ثم يتحد جزءا الشعاع مرة أخرى ويجري تحليل نمط التداخل لنرى ما إذا كان المسار المتجه ضد رياح الأثير المفترضة سوف يستغرق وقتًا أطول.

لم يستطع أحد أن يكتشف الأثير، على كثرة الباحثين وتنوع مناهجهم في البحث وتعدد الفرضيات التي وضعوها حول سلوك الأثير، فقد لوحظ أن سرعة الضوء ثابتة لا تتغير مهما تغير اتجاه حركة الأشياء.

لذا تحول اهتمام العلماء إلى التوصل إلى تفسير إخفاق التجارب في اكتشاف الأثير على الرغم من وجوده، وقد ظهر أبرز هذه التفسيرات في أوائل تسعينيات القرن التاسع عشر عندما توصل هندريك لورنتز Hendrik Lorentz — الفيزيائي الهولندي الذي يعد أحد رموز الفيزياء النظرية — والفيزيائي الأيرلندي جورج فتزجيرالد George Fitzgerald — كل منهما على حدة — إلى فرضية بأن الأجسام الصلبة تنكمش قليلًا عندما تتحرك خلال الأثير. ويؤثر انكماش لورنتز–فيتزجيرالد على كل شيء، بما في ذلك أذرع القياس التي استخدمها مايكلسون ومورلي، ويكون هذا التأثير متساويًا تمامًا على كل الأشياء بحيث يجعل تأثير الأثير على الضوء غير ملحوظ.

شعر أينشتاين بأن الموقف «كان محبطًا للغاية»، فقد وجد العلماء أنفسهم عاجزين عن تفسير الكهرومغناطيسية باستخدام «النظرة الآلية النيوتينية للطبيعة» على حد قوله، «وأدى هذا إلى ازدواجية أساسية لا يمكن تفسيرها على المدى البعيد.»[7]

طريق أينشتاين إلى النسبية

قال أينشتاين ذات مرة: «تأتي أية فكرة جديدة فجأة وبصورة بديهية نوعًا ما»، ثم أسرع فأضاف: «وما المعرفة البديهية إلا نتاج تجربة فكرية مبكرة.»[8]

وكان اكتشاف أينشتاين للنسبية الخاصة ينطوي على معرفة بديهية اكتسبها خلال عقد من التجارب الفكرية والتجارب الشخصية.[9] وأعتقد أن أهمها وأكثرها وضوحًا فهمه العميق ومعرفته بالفيزياء النظرية، وساعدته أيضًا قدرته على تخيل التجارب الفكرية التي شجعه عليها تعليمه في آرو. وذلك فضلًا عن إلمامه بأساسيات

الفلسفة؛ فقد أخذ من هيوم وماخ نزعة إلى الشك لم تكن ظاهرة، وعزز هذه النزعة ميله الفطري للتمرد على السلطة.

كانت خلفيته التكنولوجية أيضًا جزءًا من مزيج شخصيته، وربما تكون قد شحذت قدرته على تصور الحالات الفيزيائية والوصول إلى صميم المفاهيم، وكانت العوامل التي كونت لديه الخلفية التكنولوجية: مساعدة عمه ياكوب في إدخال تحسينات على الملفات والمغناطيسات في مولد الكهرباء، والعمل في مكتب براءات الاختراع الذي كانت تنهال عليه طلبات تسجيل براءات اختراع لطرق جديدة لتوحيد زمن الساعات، ووجود رئيس في العمل شجعه على إظهار شكوكيته، وإقامته بالقرب من برج الساعة ومحطة القطار وفوق مكتب التلغراف في برن في وقت كانت أوروبا فيه قد بدأت لتوها استخدام الإشارات الكهربية في توحيد زمن الساعات في المناطق الزمنية، ووجود مرآة لأفكاره تتمثل في صديقه المهندس ميكيلي بيسو الذي عمل معه في مكتب براءات الاختراع فاحصًا للأجهزة الميكانيكية الكهربية.[10]

وبالطبع فإن ترتيب هذه العوامل هو حكم شخصي، فحتى أينشتاين نفسه لا يمكن أن يعرف يقينًا كيف تطورت العملية، وقد قال: «ليس من السهل أن أتحدث عن كيفية توصلي إلى نظرية النسبية، فقد تضافرت عوامل كثيرة معقدة على حفز تفكيري.»[11]

أحد الأشياء التي نستطيع أن نشير إليها بشيء من اليقين هو نقطة البداية الرئيسية لأينشتاين، فقد قال مرارًا إن طريقه نحو نظرية النسبية بدأ بتجربة فكرية وهو في السادسة عشرة من عمره، إذ حاول أن يتخيل ما سيحدث لو أن المرء انطلق بسرعة الضوء بمحاذاة أشعة الضوء، وقال إن هذه التجربة أدت إلى «تناقض» ظل يؤرقه طيلة السنوات العشر التالية:

> إذا لاحقتُ شعاعًا من الضوء بسرعة c (وهي سرعة الضوء في الفراغ)، فسوف أرى ذلك الشعاع الضوئي مجالًا كهرومغناطيسيًّا ساكنًا، مع أنه يتذبذب في الفضاء. ومع ذلك لم يبد أن هناك وجودًا لشيء كهذا، سواء بالاعتماد على التجارب السابقة، أو بتطبيق معادلات ماكسويل. ومن البداية بدا لي بديهيًّا أن كل شيء سيحدث — من وجهة نظر ذلك الراصد — وفقًا لنفس القوانين التي يتبعها إذا كان الراصد في حالة سكون بالنسبة إلى الأرض، إذ كيف سيعرف الراصد الأول أو يستطيع أن يحدد أنه يتحرك

حركة منتظمة سريعة؟ يرى المرء في هذه المفارقة بذرة نظرية النسبية الخاصة.[12]

ولم تؤد هذه التجربة الفكرية بالضرورة إلى تقويض نظرية الأثير لموجات الضوء، فيستطيع واضع نظرية الأثير أن يتخيل حزمة ضوئية متجمدة، لكنها انتهكت ما كان يعتقده أينشتاين من أن قوانين الضوء لا بد أن تخضع لمبدأ النسبية، أي أن معادلات ماكسويل التي تحدد سرعة الضوء يجب أن تكون متماثلة بالنسبة إلى جميع الراصدين المتحركين بسرعة ثابتة. ويوضح تركيز أينشتاين على هذه الذكرى أن فكرة حزمة الضوء المتجمدة — أو الموجات الكهرومغناطيسية المتجمدة — كانت تبدو في نظره خطأ بديهيًّا.[13]

توحي التجربة الفكرية بالإضافة إلى ذلك بأنه استشعر تعارضًا ما بين قوانين الميكانيكا لنيوتن وثبات سرعة الضوء في معادلات ماكسويل، وغرس كل هذا في داخله «حالة من التوتر النفسي» وجد أنها تثير أعصابه بشدة، وقال فيما بعد: «في البداية عندما بدأت تتشكل في ذهني نظرية النسبية الخاصة، كنت نهبًا لكل أنواع الصراعات العصبية، وعندما كنت شابا كنت أمضي أسابيع في حالة من الاضطراب.»[14]

كان هناك أيضًا «تعارض» أكثر تحديدًا قد بدأ يثير انزعاجه، فعندما يتحرك المغناطيس بالنسبة لملف يتولد تيار كهربي، وعرف أينشتاين من خبرته مع المولدات الكهربية التي كان يتعامل معها والده أن شدة هذا التيار لا تتغير سواء أكان المغناطيس هو الذي يتحرك والملف ثابت، أم كان الملف هو الذي يتحرك والمغناطيس ثابت. وقد درس أيضًا عام ١٨٩٤ كتابًا لأوجست فوبل هو Introduction to Maxwell's Theory of Electricity، وكان به فصل مخصص عن «الديناميكا الكهربية للموصلات المتحركة» يبحث في مسألة هل هناك أي اختلاف — عندما يحدث الحث — إن كان المغناطيس أو ملف التوصيل في حالة حركة.[15]

يقول أينشتاين: «وفقًا لنظرية ماكسويل ولورنتز، فإن التفسير النظري للظاهرة مختلف تمامًا في الحالتين»، ففي الحالة الأولى يقول قانون فارادي للحث إن حركة المغناطيس خلال الأثير قد أحدثت مجالًا كهربيًّا، وفي الحالة الثانية يقول قانون لورنتز إن تيارًا قد نشأ من حركة ملف التوصيل خلال المجال المغناطيسي» وقال أينشتاين: «إن فكرة الاختلاف المفترض بين هاتين الحالتين كانت تثير ثائرتي.»[16]

ظل أينشتاين لسنوات يحاول استيعاب مفهوم الأثير، الذي يحدد نظريًّا المقصود بـ«حالة سكون» في نظريات الحث الكهربي، وعندما كان طالبًا بمعهد زيورخ الفني عام ١٨٩٩، كتب إلى ميليفا ماريتش: «إن إدخال مصطلح الأثير في نظريات الكهربية قد أدى إلى تصور وسط يمكن وصف حركته دون أن نستطيع أن ننسب إليه مدلولًا فيزيائيًّا.»[17] ومع ذلك فقد كان في ذلك الشهر نفسه يقضي العطلة في آرو محاولًا مع أحد المعلمين في مدرسته القديمة التوصل إلى طرق لاكتشاف الأثير، وقال لماريتش: «كانت لدى فكرة جيدة لدراسة الطريقة التي تؤثر بها حركة الجسم بالنسبة للأثير على سرعة انتشار الضوء.»

أخبر الأستاذ فيبر أينشتاين بأن طريقته لم تكن عملية، فقرأ أينشتاين حينئذ بحثًا لفيلهلم فين وصف النتائج غير الدقيقة لثلاث عشرة تجربة لاكتشاف الأثير، بما في ذلك تجارب مايكلسون ومورلي وفيزو.[18] وكان أينشتاين قد قرأ عن تجربة مايكلسون ومورلي قبل عام ١٩٠٥ في كتاب لورنتز الذي صدر عام ١٨٩٥ بعنوان Attempt at a Theory of Electrical and Optical Phenomena in Moving Bodies، وفي هذا الكتاب يعرض لورنتز العديد من المحاولات الفاشلة لاكتشاف الأثير كمقدمة لنظرية الانكماش.[19]

«الاستقراء والاستنتاج في الفيزياء»

إذن ماذا كان تأثير نتائج مايكلسون ومورلي — التي لم تبرهن على وجود الأثير، ولم تظهر اختلافًا في السرعة المرصودة للضوء مهما كان الاتجاه الذي يتحرك فيه الراصد — على أينشتاين عندما كانت أفكاره عن النسبية في طور التكوين؟ إنه يقول إنها لم تحدث فيه أثرًا يذكر على الإطلاق، بل إنه كان يذكر أحيانًا (خطأً) أنه لم يكن يعرف التجربة قبل عام ١٩٠٥، وتفيدنا تصريحات أينشتاين المتناقضة طوال خمسين عامًا عن تأثير مايكلسون ومورلي في أنها تنبهنا إلى الحرص المطلوب عند كتابة التاريخ بناء على ذكريات خافتة.[20]

تبدأ سلسلة تصريحات أينشتاين المتناقضة بخطبة ألقاها في كيوتو باليابان عام ١٩٢٢، عندما أشار إلى أن فشل مايكلسون في اكتشاف الأثير كان «أول الطريق الذي قادني إلى ما نسميه مبدأ النسبية الخاصة.» وفي نخب على العشاء عام ١٩٣١ في باسادينا على شرف مايكلسون، كان أينشتاين لطيفًا مع العالم التجريبي المرموق،

غير أنه كان متحفظًا، وقال: «لقد كشفتَ عن خلل خطير في نظرية انتقال الضوء عبر الأثير، كما كانت معروفة حينئذ، وحفزتَ أفكار لورنتز وفيتزجيرالد التي خرجت منها نظرية النسبية الخاصة.»[21]

وصف أينشتاين طريقة تفكيره في سلسلة من الأحاديث مع رائد علم سيكولوجيا الجشتالت ماكس فيرتهايمر Max Wertheimer، الذي وصف نتائج مايكلسون ومورلي فيما بعد بأنها «في غاية الأهمية» لتفكير أينشتاين، لكن الأرجح — كما أوضح أرثر آي ميلر Arthur I. Miller — أن هذا التصريح كان الباعث عليه رغبة فيرتهايمر في استخدام قصة أينشتاين كوسيلة لتوضيح مبادئ سيكولوجيا الجشتالت.[22]

وقد زاد أينشتاين من الغموض المحيط بالموضوع في السنوات القليلة الأخيرة من حياته عندما ألقى سلسلة من التصريحات عن الموضوع لفيزيائي يدعى روبرت شانكلاند Robert Shankland، فقد قال في البداية إنه لم يقرأ عن تجربة مايكلسون ومورلي إلا بعد عام ١٩٠٥، ثم قال إنه قرأ عنها في كتاب لورنتز قبل عام ١٩٠٥، وأضاف في النهاية: «أظن أنني سلمت بصحة الأمر.»[23]

هذه النقطة الأخيرة هي أهم النقاط لأن أينشتاين أعادها كثيرًا، فقد افترض ببساطة — في الوقت الذي بدأ فيه العمل بجدية في النسبية — أنه ليست هناك حاجة لمراجعة جميع تجارب حركة الأثير، لأن جميع المحاولات لاكتشاف الأثير مآلها إلى الفشل، وفقًا للفرضيات التي بدأ بها.[24] وكانت أهمية هذه النتائج التجريبية في نظره هي تعزيز ما كان يؤمن به بالفعل، وهو أن مبدأ النسبية لجاليليو ينطبق على موجات الضوء.[25]

ربما كان هذا مبررًا للاهتمام المحدود الذي أولاه للتجارب في بحثه عام ١٩٠٥، فلم يشر على الإطلاق إلى تجربة مايكلسون ومورلي بالاسم — حتى في مواضع كانت ستبدو فيها وثيقة الصلة بالموضوع — ولا عن تجربة فيزو باستخدام ماء متحرك، وبدلًا من ذلك نوه في عبارة قصيرة عن «المحاولات الفاشلة لاكتشاف حركة الأرض بالنسبة لوسط الضوء» مباشرة بعد مناقشة نسبية حركات المغناطيس والملف.

تعتمد بعض النظريات العلمية أساسًا على الاستقراء، وهو تحليل الكثير من نتائج التجارب، ثم الخروج بنظريات تفسر الأنماط القائمة على التجربة، ويعتمد بعضها الآخر بدرجة أكبر على الاستنتاج، وهو الانطلاق من مبادئ ومسلمات محكمة نؤمن بها كالمقدسات، ثم استخلاص النتائج منها، ويستخدم جميع العلماء

مزيجًا من كلتا الطريقتين بدرجات متفاوتة. وكان أينشتاين يملك موهبة جيدة في قراءة نتائج التجارب، وكان يستخدم هذه المعرفة في إيجاد نقاط معينة يستطيع أن يقيم عليها نظرية.[26] لكن اهتمامه كان ينصب أساسًا على الطريقة الاستنتاجية.[27]

تذكر في بحثه عن الحركة البروانية كيف قلل بطريقة غريبة — ولكن بدقة — من قيمة الدور الذي لعبته النتائج التجريبية فيما كان في الأساس استنتاجًا نظريًّا؟ كان هناك موقف مشابه مع نظرية النسبية، فما كان يعنيه ضمنًا بشأن الحركة البروانية قاله صراحة عن النسبية وتجربة مايكلسون ومورلي: «لقد كنت مقتنعًا تمامًا بصحة المبدأ قبل أن أعرف شيئًا عن التجربة ونتائجها.»

والواقع أن أبحاثه الثلاثة الكبرى عام ١٩٠٥ تبدأ كلها بالتأكيد على نيته اتباع منهج استنتاجي، فقد استهل كل بحث منها بالإشارة إلى بعض التناقضات التي يسببها تعارض النظريات بدلًا من غموض بعض البيانات التجريبية، ويطرح بعد ذلك مبادئ كبرى، في حين يقلل من الدور الذي تقوم به البيانات، سواء أكانت عن الحركة البروانية أو إشعاع الجسم الأسود أو سرعة الضوء.[28]

وفي مقالة نشرت عام ١٩١٩ بعنوان «الاستقراء والاستنتاج في الفيزياء»، وصف ميله لمنهج الاستنتاج:

> أبسط الصور التي يستطيع المرء أن يكوِّنها عن إنشاء علم تجريبي هي اتباع المنهج الاستقرائي، إذ يجري اختيار حقائق فردية ثم تصنيفها في مجموعات بحيث تصبح القوانين التي تربط بينها واضحة ... غير أن هذا المنهج لم يسهم إلا بقدر ضئيل في الطفرات الكبرى في العلم ... أما الطفرات الكبرى حقًّا في فهمنا للطبيعة فيرجع الفضل فيها إلى منهج يكاد يكون منافيًا تمامًا لمنهج الاستقراء. والإدراك البديهي لأساسيات مجموعة كبيرة من الحقائق المتصلة يقود العالِم إلى افتراض قانون أو قوانين أساسية، ويستخلص من هذه القوانين نتائجه.[29]

وسوف يزداد إعجابه بهذا المنهج، ويصرح قرب نهاية أجله بأنه: «كلما صار فهمنا أكثر عمقًا، وكلما أصبحت نظرياتنا أكثر شمولًا، قل احتياجنا إلى المعرفة التجريبية لإثبات تلك النظريات.»[30]

ومع بداية عام ١٩٠٥ كان أينشتاين قد بدأ يولي اهتمامًا خاصًّا للاستنتاج فضلًا عن الاستقراء في محاولته لتفسير الديناميكا الكهربية، وقال في وقت لاحق: «سرعان ما تملكني اليأس من إمكانية اكتشاف القوانين الحقيقية عن طريق جهود إيجابية قائمة على حقائق أثبتتها التجارب، كلما واصلت المحاولات اليائسة، توصلت إلى قناعة بأن اكتشاف مبدأ أساسي شامل هو وحده الذي يمكن أن يقودنا إلى نتائج مطمئنة.»[31]

الفرضيتان

الآن وقد قرر أينشتاين العمل في نظريته من الكليات إلى الجزئيات باستنباطها من مسلمات أساسية، كان عليه أن يتخذ قرارًا: ما المسلمات — ما الفرضيات الأساسية للمبدأ العام — التي سينطلق منها؟[32]

كانت مسلمته الأولى هي مبدأ النسبية الذي يؤكد على أن كل القوانين الأساسية في الفيزياء، بما فيها معادلات ماكسويل التي تحكم الموجات الكهرومغناطيسية، ثابتة بالنسبة لجميع الراصدين المتحركين بسرعة نسبية ثابتة، وبصيغة أكثر دقة نقول إنها ثابتة في جميع أنظمة القياس الذاتية؛ ثابتة بالنسبة لشخص في حالة سكون بالنسبة للأرض كما هي ثابتة بالنسبة لشخص يتحرك بسرعة منتظمة في قطار أو مركبة فضائية، وقد زاد إيمانه بهذه الفرضية بدءًا من تجربته الفكرية عن الانطلاق بمحاذاة شعاع ضوئي، وقال: «من البداية بدا لي بديهيًّا أن كل شيء سيحدث — من وجهة نظر ذلك الراصد — وفقًا لنفس القوانين التي يتبعها إذا كان الراصد في حالة سكون بالنسبة إلى الأرض.» أما المسلمة الثانية التي تتضمن سرعة الضوء فقد كان لدى أينشتاين خياران على الأقل:

(١) يمكنه الأخذ بنظرية انبعاث يندفع فيها الضوء من مصدره كما تندفع الجسيمات من بندقية، ولن تكون هناك حاجة للأثير، فجسيمات الضوء يمكن أن تنتقل في الفراغ، وتكون سرعاتها منسوبة إلى مصدر انبعاثها، فإذا كان هذا المصدر يندفع في اتجاهك فسوف تصلك انبعاثاته بسرعة أكبر مما لو كان يتجه بعيدًا عنك، (تخيل راميًا يستطيع أن يقذف كرة بسرعة ١٠٠ ميل في الساعة؛ فإذا قذفها تجاهك من سيارة تندفع في اتجاهك فسوف تصل إليك بسرعة أكبر مما لو قذفها من سيارة تتجه بعيدًا عنك)، وبمعنى آخر،

ينبعث الضوء من النجم بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية، ولكن لو كان النجم يتجه نحو الأرض بسرعة ١٠٠٠٠ ميل في الثانية، فإن سرعة ضوئه سوف تكون ١٩٦٠٠٠ ميل في الثانية بالنسبة لراصد يقف على الأرض.

(٢) الخيار الآخر هو افتراض أن سرعة الضوء ثابتة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية بصرف النظر عن حركة المصدر المنبعثة منه، وهي فرضية كانت أكثر توافقًا مع النظرية الموجية. وقياسًا على موجات الصوت، فإن صوت صفارة إنذار سيارة المطافئ لا يصلك عندما تكون السيارة مندفعة نحوك بسرعة أكبر مما لو كانت ساكنة، فسرعة الصوت خلال الهواء في الحالتين هي ٧٧٠ ميلًا في الساعة.[٣]

درس أينشتاين مسار نظرية الانبعاث فترة من الزمن، وكانت هذه الطريقة تروق بصورة خاصة لمن يعتقدون أن الضوء يسلك مسلك تيار من الكمات، وقد ذكرنا في الفصل السابق أن مفهوم كمات الضوء هذا هو ما طرحه أينشتاين بالتحديد في مارس/آذار ١٩٠٥ عندما كان يحاول استيعاب نظريته النسبية.[33]

غير أن هذا المنهج كانت به بعض المشكلات، فقد كان يبدو أنه يقتضي التخلي عن معادلات ماكسويل والنظرية الموجية، فلو كانت سرعة موجة ضوء تعتمد على سرعة المصدر الذي تنبعث منه، فلا بد أن تحمل موجة الضوء هذه المعلومة بطريقة أو بأخرى، لكن التجارب ومعادلات ماكسويل بينت أن الأمر ليس كذلك.[34]

حاول أينشتاين أن يجد وسائل لتعديل معادلات ماكسويل بحيث تتفق مع نظرية انبعاث، لكن بحثه لم يفض إلى نتيجة، وقال فيما بعد: «تتطلب هذه النظرية إمكانية وجود موجات ذات سرعات متباينة في كل مكان وفي جميع الاتجاهات، وقد يكون من المستحيل وضع نظرية كهرومغناطيسية معقولة تحقق هذا المطلب.»[35]

بالإضافة إلى ذلك لم يستطع العلماء العثور على أدلة تثبت أن سرعة الضوء تتوقف على سرعة مصدره؛ إذ يبدو أن الضوء القادم من جميع النجوم يصل بالسرعة نفسها.[36]

[٣] إذا كان مصدر الصوت يندفع تجاهك، فلن تصل إليك الموجات بسرعة أكبر، لكن الموجات سوف تنضغط وتقل المسافات الفاصلة بينها، وهو ما يعرف بأثر دوبلر، ويؤدي قصر الطول الموجي إلى زيادة تردد الموجات، وهو ما يؤدي بدوره إلى زيادة حدة الصوت، (أو انخفاضها، عندما يمر بك صوت صفارة الإنذار ثم ينطلق مبتعدًا عنك). ويحدث تأثير مشابه مع الضوء؛ فإذا كان المصدر يتحرك نحوك، يقل الطول الموجي (ويزيد التردد) فتحدث إزاحة في اتجاه الطرف الأزرق من الطيف، والضوء القادم من مصدر يتحرك مبتعدًا تكون به إزاحة ناحية الطرف الأحمر من الطيف.

وعندما أمعن أينشتاين النظر في نظرية الانبعاث وجد مزيدًا من المشكلات، وقد شرح لصديقه بول إيرنفيست فيما بعد أنه كان من الصعب تصور ما سيحدث عندما ينعكس ضوء من مصدر «متحرك» أو ينكسر بواسطة حائل ثابت، فضلًا عن أنه في أية نظرية انبعاث قد يرتد الضوء القادم من مصدر متسارع على نفسه.

لذا رفض أينشتاين نظرية الانبعاث، وفضل أن يفترض أن سرعة الضوء ثابتة بصرف النظر عن السرعة التي يتحرك بها مصدره، وقال لإيرنفيست: «لقد وصلت إلى قناعة بأن الضوء يحدده عاملان فقط: التردد والشدة، سواء أكان مصدر الضوء ثابتًا أم متحركًا.»[37]

والآن كان لدى أينشتاين فرضيتان: «مبدأ النسبية»، والمبدأ الجديد الذي أطلق عليه اسم «فرضية الضوء»، وقد وضع له تعريفًا دقيقًا: «ينتقل الضوء دائمًا في الفراغ بسرعة محددة V لا تتوقف على حالة مصدر الضوء من حركة أو سكون»،[38] فعندما نقيس على سبيل المثال سرعة الضوء القادم من المصباح الأمامي لقطار، فسوف تكون دائمًا ثابتة وهي ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية، حتى لو كان القطار مندفعًا نحوك أو مبتعدًا عنك.

كانت فرضية الضوء هذه تبدو لسوء الحظ غير متوافقة مع مبدأ النسبية، لماذا؟ استخدم أينشتاين فيما بعد التجربة الفكرية الآتية لتفسير معضلته الواضحة:

تخيل أن «شعاعًا من الضوء قد أرسل بمحاذاة رصيف» محطة قطار، فالرجل الواقف فوق رصيف المحطة سوف يقيس سرعته على أنها ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية، ولكن تخيل الآن سيدة تستقل قطارًا سريعًا جدًّا يندفع بها مبتعدًا عن مصدر الضوء بسرعة ٢٠٠٠ ميل في الثانية، فسوف نفترض أنها سترى الضوء يمر بسرعة ١٨٤٠٠٠ ميل في الثانية فقط، وكتب أينشتاين: «وهكذا نرى أن سرعة الضوء بالنسبة إلى القطار أقل من سرعته في الفراغ.»

ثم أضاف: «لكن هذه النتيجة تتعارض مع مبدأ النسبية، لأن قانون انتقال الضوء — شأنه شأن غيره من نواميس الطبيعة — يجب ألا يتغير سواء أكان القطار أم رصيف المحطة هو نقطة الأصل، وذلك وفقًا لمبدأ النسبية.» أي أن معادلات ماكسويل التي تحدد سرعة انتقال الضوء يجب أن تؤدي إلى النتيجة نفسها سواء في القطار المتحرك أو رصيف المحطة، وينبغي ألا تكون هناك تجربة يمكن القيام

بها، بما في ذلك قياس سرعة الضوء، لتمييز أي أطر الإسناد يكون «في حالة سكون» وأيها يتحرك بسرعة ثابتة.[39]

كانت تلك نتيجة غريبة، فالسيدة على متن القطار المنطلق نحو مصدر الضوء أو بعيدًا عنه يجب أن ترى أشعة الضوء تتحرك بنفس السرعة تمامًا التي يراها بها مراقب يقف على رصيف المحطة، وسوف تختلف سرعة السيدة بالنسبة للقطار بحسب اتجاه حركتها إما في نفس اتجاه حركة القطار أو عكس اتجاهه، لكن سرعتها بالنسبة للضوء القادم من المصباح الأمامي للقطار يجب أن تكون ثابتة، ورأى أينشتاين أن كل هذا يجعل الفرضيتين «متعارضتين ظاهريًّا»، وقال فيما بعد في محاضرة عن كيفية توصله إلى نظريته: «إن ثبات سرعة الضوء لا يتفق مع قانون جمع السرعات، وكانت النتيجة أنني أمضيت قرابة عام في أفكار عقيمة.»[40]

والجمع بين فرضية الضوء ومبدأ النسبية كان يعني أن المراقب سوف يرصد سرعة واحدة للضوء، سواء أكان مصدر الضوء يتحرك في اتجاهه أم مبتعدًا عنه، وسواء أكان المراقب يتحرك في اتجاه مصدر الضوء أم مبتعدًا عنه، أو كلاهما، أو لا شيء منهما. فسرعة الضوء واحدة مهما كانت حركة المراقب ومصدر الضوء.

هذا هو ما كانت عليه الأمور في أوائل مايو/أيار ١٩٠٥، فقد اعتنق أينشتاين مبدأ النسبية ورفعه إلى مرتبة المسلَّمة، ثم تبنى بعد ذلك — بمزيد من التردد — مسلَّمة تقول إن سرعة الضوء لا تتوقف على حركة مصدره، وقد فكر كثيرًا في المعضلة الظاهرية أن مراقبًا ينطلق في مسار باتجاه الضوء سوف يرى أشعة الضوء متجهة نحوه بنفس السرعة التي يراها بها عندما ينطلق مبتعدًا عنها، وبنفس السرعة التي يراها بها شخص يقف ثابتًا فوق رصيف محطة.

وكتب أينشتاين: «ونظرًا لهذه المعضلة، يبدو أننا لا نملك إلا أن نتخلى إما عن مبدأ النسبية أو القانون البسيط لانتقال الضوء.»[41]

ثم وقع حدث سار، فبينما كان ألبرت أينشتاين يتحدث مع أحد أصدقائه حقق واحدة من أروع وثبات الخيال في تاريخ الفيزياء.

«الخطوة»

كان يومًا جميلًا في برن — كما قال أينشتاين فيما بعد — عندما ذهب لزيارة أقرب أصدقائه ميكيلي بيسو، المهندس العبقري الذي يفتقر إلى التركيز، والذي تعرف به

أثناء دراسته في زيورخ، ثم عمل معه بعد ذلك في مكتب براءات الاختراع السويسري، وكانا كثيرًا ما يذهبان إلى العمل معًا سيرًا على الأقدام، وفي تلك الزيارة أخبر أينشتاين بيسو بالمعضلة التي كانت تحيره.

وقال أينشتاين ذات مرة: «سوف أتخلى عن هذه الفكرة»، لكن بينما هما يتناقشان فيها يقول أينشتاين: «فجأة عرفت المدخل إلى حل المشكلة.» وفي اليوم التالي عندما رأى بيسو كان أينشتاين في حالة إثارة شديدة، ولم يبادله التحية، وأعلن على الفور: «شكرًا لك، لقد استطعت أن أحل المشكلة تمامًا.»[42]

وبعد خمسة أيام فقط من لحظة هذا الاكتشاف أرسل أينشتاين بحثه الشهير «عن الديناميكا الحرارية للأجسام المتحركة»، لم يحتو البحث على أية اقتباسات من أعمال أخرى، ولم يذكر فيه أي عمل لشخص آخر، ولم يتقدم فيه بالشكر لأي شخص عدا في الجملة الأخيرة التي جاء فيها: «دعوني أذكر أن صديقي وزميلي ميكيلي بيسو وقف بقوة إلى جانبي فيما بذلت من جهد لحل المشكلة التي أناقشها هنا، وأنني مدين له بالعديد من الاقتراحات القيمة.»

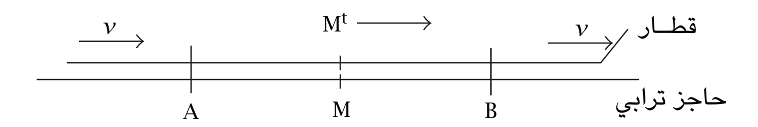
ماذا إذن كانت الفكرة الثاقبة التي طرأت في ذهنه عندما كان يتحدث مع بيسو؟ يقول أينشتاين: «كان الحل الذي أبحث عنه هو تحليل مفهوم الزمان، فلا يمكن تحديد الزمان بصورة مطلقة، وهناك علاقة لا تنفصم بين الزمان وسرعة الإشارة.»

وبصورة أكثر تحديدًا، كانت الفكرة الأساسية هي أن الحدثين اللذين يبدوان متزامنين من وجهة نظر شخص ما، لن يظهرا متزامنين بالنسبة إلى شخص آخر يتحرك بسرعة، وليس هناك من سبيل لمعرفة أيهما مصيب تمامًا، أي ليست هناك وسيلة للتأكد من أن الحدثين متزامنان حقًّا.

شرح أينشتاين هذا المفهوم فيما بعد باستخدام تجربة فكرية تتضمن قطارات متحركة، تخيل أن صواعق البرق تضرب الحاجز الترابي الموازي لشريط القطار عند نقطتين متباعدتين هما (A) و(B)، فلو قلنا إنهما ضربا في وقت واحد، فماذا يعني ذلك؟

أدرك أينشتاين أننا بحاجة إلى تعريف عملي يمكننا تطبيقه بالفعل، وسوف يتطلب ذلك وضع سرعة الضوء في الاعتبار، وكانت إجابته أننا سنصف الضربتين بأنهما متزامنتان لو كنا نقف في منتصف المسافة بينهما بالضبط بحيث يصل الضوء إلينا منهما في اللحظة نفسها.

لكن لنتخيل الآن كيف يبدو الحدث لراكب قطار يتحرك بسرعة على طول شريط القطار. وفي كتاب ألّفه أينشتاين عام ١٩١٦ لشرح هذه الفكرة لغير المتخصصين استخدم الرسم التالي الذي يمثل فيه القطار الطويل بالخط العلوي:



افترض أنه في نفس اللحظة (من وجهة نظر شخص واقف على الحاجز الترابي) التي يضرب البرق فيها النقطتين (A) و(B)، هناك راكب يجلس في منتصف القطار، (M^t)، ويمر بالمراقب (M) الذي يقف في نقطة المنتصف على الحاجز الترابي، فإذا كان القطار ساكنًا بالنسبة للحاجز، فسوف يرى الراكب بداخله وهج ضربتي البرق في نفس اللحظة، كما سيراه المراقب الواقف فوق الحاجز.

ولكن لو كان القطار يتحرك جهة اليمين بالنسبة إلى الحاجز، فسوف يكون اتجاه حركة المراقب بالداخل أقرب إلى النقطة (B) أثناء انتقال موجات الضوء، وعلى ذلك فسوف يكون وضعه جهة اليمين قليلًا عندما يصل الضوء، ولذلك فسوف يرى ضوء ضربة البرق عند النقطة (B) قبل أن يرى ضوء الضربة عند النقطة (A)، وسوف يجزم لذلك أن البرق ضرب عند النقطة (B) قبل أن يضرب عند النقطة (A)، وأن الضربتين ليستا متزامنتين.

قال أينشتاين: «وبذلك نصل إلى النتيجة المهمة: إن الأحداث المتزامنة بالنسبة إلى الحاجز لا تتزامن بالنسبة إلى القطار»، وينص مبدأ النسبية على أنه لا توجد وسيلة للجزم بأن الجسر «في حالة سكون» والقطار «في حالة حركة»، ويمكننا القول فقط إنهما في حالة حركة أحدهما بالنسبة إلى الآخر. إذن فليست هناك إجابة «حقيقية» أو «صحيحة»، وليس هناك مجال للقول بأن هناك حدثين متزامنين بصورة «مطلقة» أو «حقيقية».[43]

وهذه فكرة بسيطة لكنها ثورية، فهي تعني أنه ليس هناك زمن مطلق، وتقول بدلًا من ذلك إن كل أطر الإسناد المتحركة لها زمنها النسبي الخاص بها، ومع أن أينشتاين رفض وصف هذه الطفرة بأنها طفرة «ثورية» حقيقية مثل الطفرة التي أحدثها في كمات الضوء، فقد أحدثت انقلابًا حقيقيًّا في العلم، وقال فيرنر هايزنبيرج الذي أسهم فيما بعد في إنجاز مشابه بمبدأ الشك: «كان هذا تغيرًا في

أساس علم الفيزياء ذاته؛ تغيرًا راديكاليًّا مفاجئًا تطلب شجاعة كبيرة من عبقري ثوري شاب.»[44]

استخدم أينشتاين في بحثه عام ١٩٠٥ صورة حية نستطيع أن نتخيله يرسمها في ذهنه وهو يشاهد القطارات القادمة إلى محطة برن مارة بصفوف الساعات الكبيرة التي تضبط كلها على الساعة الكبيرة الموجودة فوق برج المدينة الشهير. وقد كتب: «إن أحكامنا التي يكون الزمن عنصرًا فيها دائمًا ما تكون أحكامًا على أحداث متزامنة، فإذا قلتُ على سبيل المثال: «إن هذا القطار يصل هنا في السابعة»، فإنني أعني شيئًا كهذا: «إن وصول العقرب الصغير في ساعتي إلى الرقم ٧ ووصول القطار حدثان متزامنان».» غير أنني أكرر مرة أخرى أن المراقبين الذين يتحركون بسرعة بعضهم بالنسبة إلى بعض سوف تختلف وجهات نظرهم فيما إذا كان الحدثان البعيدان متزامنين.

إن مفهوم الزمن المطلق — أي زمن موجود في «الواقع» لا يتأثر بالملاحظة — ظل أساسًا من أسس الفيزياء منذ أن جعله نيوتن فرضية أساسية في كتابه «المبادئ» Principia قبل ٢١٦ عامًا، وينطبق الأمر نفسه على المكان المطلق والمسافة المطلقة، وقد كتب في الجزء الأول من «المبادئ»: «إن طبيعة الزمن الرياضي والحقيقي والمطلق أنه يمضي بثبات دون أن يرتبط بأي عامل خارجي، وطبيعة المكان المطلق أنه يظل دائمًا مستقرًّا ومتجانسًا دون أن يرتبط بأي عامل خارجي.»

غير أن نيوتن نفسه لم يبد مرتاحًا لحقيقة أن هذه المفاهيم لا يمكن رصدها بصورة مباشرة، واعترف بأن «الزمن المطلق شيء لا يمكن إدراكه»، وقد لجأ إلى الاعتماد على وجود الله ليخرجه من المأزق، فقال: «الله موجود إلى الأبد في كل مكان، وبوجوده في كل زمان ومكان، فهو يصنع الزمان والمكان.»[45]

وقد انتقد إرنست ماخ — الذي تأثر بكتبه أينشتاين وزملاؤه بأكاديمية أوليمبيا — بشدة فكرة نيوتن عن الزمن المطلق ووصفها بأنها «مفهوم ميتافيزيقي عقيم» و«لا يمكن إثباته بالتجربة»، واتهم نيوتن بأنه «تصرف على نحو يتعارض مع نيته المعلنة لبحث الحقائق الفعلية ليس إلا.»[46]

أشار هنري بوانكاريه أيضًا إلى ضعف مفهوم نيوتن عن الزمن المطلق في كتابه Science and Hypothesis، وهو كتاب آخر من الكتب المفضلة لأكاديمية أوليمبيا، وجاء في الكتاب: «إننا لا نملك فكرة واضحة عن تساوي زمنين، بل إننا لا نملك حتى فكرة واضحة عن تزامن حدثين يقعان في مكانين مختلفين.»[47]

هكذا يبدو أن ماخ وبوانكاريه قد وضعا أساس أعظم اكتشافات أينشتاين، لكنه يدين بدرجة أكبر — كما قال أخيرًا — لنزعة الشك التي تعلمها من الفيلسوف الاسكتلندي ديفيد هيوم فيما يتصل بالمفاهيم العقلية البعيدة تمامًا عن المشاهدات الواقعية المحضة.

ونظرًا لعدد المرات التي استخدم فيها في أبحاثه تجاربه الفكرية التي تتضمن قطارات متحركة وساعات كبيرة متباعدة، فمن المنطقي أن نخمن أن القطارات التي كانت تمر أمام برج الساعة ببرن وصفوف الساعات الكبيرة المتزامنة على رصيف المحطة قد ساعدته في تصور أفكاره وصياغتها. وهناك بالفعل حكاية تتحدث عنه وهو يناقش نظريته الجديدة مع أصدقائه ويشير إلى (أو على الأقل يذكر) الساعات الكبيرة المتزامنة لبرن والساعة غير المتزامنة التي يمكن مشاهدتها في قرية ميوني المجاورة.[48]

يقدم بيتر جاليسون Peter Galison دراسة مثيرة للعقلية التكنولوجية في كتابه Einstein's Clocks, Poincaré's Maps، وكانت فكرة تزامن الساعات مسيطرة على الأذهان في ذلك الوقت، وكانت برن قد أدخلت في المدن عام ١٨٩٠ شبكة من الساعات الكبيرة المتزامنة كهربيًّا، وبعد عقد آخر — في الوقت الذي وصل فيه أينشتاين — أصبح ابتكار وسائل لجعلها أكثر دقة وتزامنًا مع الساعات في المدن الأخرى ولعًا سويسريًّا.

هذا بالإضافة إلى أن مهمة أينشتاين الأساسية في مكتب براءات الاختراع — بالمشاركة مع بيسو — كانت تقييم الأجهزة الكهروميكانيكية، وتضمن هذا سيلًا من طلبات الحصول على براءات اختراع لطرق توحيد زمن الساعات الكبيرة باستخدام إشارات كهربية، ويذكر جاليسون أن ثمانية وعشرين براءة اختراع من هذا النوع قد أصدرت في برن من عام ١٩٠١ إلى عام ١٩٠٤.

كانت إحدى هذه البراءات — على سبيل المثال — بعنوان: «إنشاء ساعة مركزية للإشارة إلى الوقت على نحو متزامن في عدة أماكن متفرقة»، وقُدِّم طلب مماثل للحصول على براءة اختراع في ٢٥ أبريل/نيسان، قبل ثلاثة أسابيع من مناقشته التاريخية مع بيسو، وكان يتضمن ساعة كبيرة ذات بندول يجري التحكم فيه كهرومغناطيسيًّا، ويمكن ضبطها مع ساعة أخرى من نفس النوع باستخدام إشارة كهربية، وكان القاسم المشترك بين هذه الطلبات هو أنها تستخدم إشارات تنتقل بسرعة الضوء.[49]

يجب أن نحرص على ألا نفرط في التوكيد على الدور الذي لعبه المناخ التكنولوجي لمكتب براءات الاختراع، فعلى الرغم من أن الساعات الكبيرة تعد جزءًا من وصف أينشتاين لنظريته، فقد كان محورها الصعوبات التي يواجهها المراقبون الذين يتحركون حركة نسبية في استخدام الإشارات الضوئية لضبط توقيتها، وهو أمر لم يهتم به مقدمو طلبات براءات الاختراع.[50]

مع ذلك، فمن الجدير بالذكر أن الجزء الأعظم من الفصلين الأولين من بحثه عن النسبية يتناول بصورة مباشرة وبتفاصيل عملية وواضحة (بطريقة تختلف تمامًا عن كتابات لورنتز وماكسويل على سبيل المثال) الظاهرتين التكنولوجيتين الحقيقيتين اللتين يعرفهما جيدًا، فقد كتب عن توليد «تيارات كهربية متساوية الشدة» بسبب «تساوي الحركة النسبية» للملفات والمغناطيسات، واستخدام «إشارة ضوئية» للتأكد من أن «الساعتين متزامنتان.»

وقد ذكر أينشتاين نفسه أن الفترة التي قضاها في مكتب براءات الاختراع «حفزتني على أن أرى التشعبات الآثار الفيزيائية للمفاهيم النظرية.»[51] وذكر ألكساندر موزكاوسكي الذي ألف كتابًا عام ١٩٢١ استمده من مناقشاته مع أينشتاين؛ ذكر أن أينشتاين كان يعتقد في وجود «علاقة مؤكدة بين المعرفة التي اكتسبها في مكتب براءات الاختراع والنتائج النظرية.»[52]

«عن الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة»

دعنا الآن نر كيف عبر أينشتاين عن كل هذا في بحثه الشهير الذي تلقته مجلة Annalen der Physik في ٣٠ يونيو/حزيران ١٩٠٥، وعلى الرغم من أهميته الكبيرة، فربما يكون أحد أكثر الأبحاث جرأة وإمتاعًا في تاريخ العلم، وقد صيغت معظم أفكاره بكلمات وتجارب فكرية نابضة بالحياة، بدلًا من المعادلات المعقدة، ويتضمن إلى جانب ذلك بعض الرياضيات، لكنها رياضيات بسيطة يستطيع أن يستوعبها طلاب المرحلة الثانوية. يقول الكاتب العلمي دينيس أوفرباي Dennis Overbye: «يشهد البحث كله على قدرة اللغة البسيطة على نقل الأفكار العميقة شديدة التعقيد.»[53]

يبدأ البحث بـ«اللاتماثل» الذي به يستحث مغناطيس وملف تيارًا كهربيًّا فقط من حركة أحدهما بالنسبة إلى الآخر، ولكن منذ عصر فارادي كان هناك تفسيران

نظريان مختلفان للتيار الناتج يعتمدان على ما إذا كان المغناطيس أو الملف في حالة حركة.[54] وقد كتب أينشتاين: «تعتمد الظاهرة المرصودة هنا على الحركة النسبية للموصل والمغناطيس فقط، في حين تميز وجهة النظر الشائعة تمييزًا واضحًا بين حركة أحد الجسمين أو الآخر.»[55]

وقد نشأ الاختلاف بين الحالتين من اعتقاد كان معظم العلماء لا يزالون يؤمنون به بأن هناك ما يعرف بحالة «سكون» بالنسبة إلى الأثير، لكن مثال المغناطيس والملف — بالإضافة إلى جميع المشاهدات التي سجلت عن الضوء — «يشير إلى أن ظواهر الكهروديناميكا وظواهر الميكانيكا ليست بها خواص تتفق مع فكرة السكون المطلق»، وقد دفع هذا أينشتاين إلى رفع مبدأ النسبية «إلى مرتبة المسلمات»، فالنسبية تقول إن قوانين الميكانيكا والكهروديناميكا متماثلة في كل نظم الإسناد المتحركة بسرعة ثابتة بعضها بالنسبة إلى بعض.

ويمضى أينشتاين إلى عرض الفرضية الأخرى التي قامت عليها نظريته: ثبات سرعة الضوء «مهما كانت حركة الجسم الباعث.» وبعد ذلك دونما اكتراث وباستخدام كلمة «لا داعي له» التي تشي باللامبالاة، رفض فاحص براءات الاختراع المتمرد نتاج جيلين من المبادئ العلمية، وقال: «سوف يتبين أن إدخال «أثير الضوء» لا داعي له، نظرًا لأن الرؤية التي تتكون هنا لن تتطلب «فضاء في حالة سكون مطلق.»»

فسر أينشتاين باستخدام هاتين الفرضيتين الخطوة الفكرية العظيمة التي اتخذها أثناء حديثه مع بيسو: «إن حدثين ينظر إليهما من إطار إسناد معين على أنهما متزامنان، لا يمكن أن نراهما متزامنين عندما ننظر إليهما من نظام في حالة حركة بالنسبة إلى ذلك النظام»، أي أنه لا وجود للتزامن المطلق.

وفي عبارات تغرينا بسهولتها، أوضح أينشتاين أن الزمن ذاته لا يمكن تعريفه إلا بالإشارة إلى أحداث متزامنة، مثل عقرب الساعة الصغير الذي يشير إلى رقم ٧ عند وصول القطار. والاستنتاج الواضح والمذهل في الوقت نفسه هو: بما أنه لا وجود للتزامن المطلق، فلا وجود لزمن «حقيقي» أو مطلق، وكما قال أينشتاين فيما بعد: «إن دقات الساعة المسموعة في كل مكان في العالم لا يمكن اعتبارها زمنًا.»[56]

كان هذا الإدراك يعني فضلًا عن ذلك إسقاط الفرض الآخر الذي فرضه نيوتن في مستهل كتابه Principia، وأوضح أينشتاين أنه إذا كان الزمن نسبيًّا فإن المكان والمسافة نسبيتان أيضًا، فقال: «إذا كان راكب العربة يقطع مسافة مقدارها w في

وحدة الزمن — مقاسة من القطار — فإن هذه المسافة — عند قياسها من الحاجز الترابي — لن تكون بالضرورة مساوية لـw.»[57]

فسر أينشتاين ذلك بأن طلب منا أن نتصور قضيبًا له طول معين عندما يقاس وهو ثابت بالنسبة إلى الراصد. والآن تخيل أن القضيب يتحرك، فكم يكون طوله؟ إحدى الطرق لتحديد طول القضيب هي التحرك بمحاذاة القضيب وبنفس سرعته، ووضع عصا قياس فوقه، ولكن كم سيكون طول القضيب إذا قاسه شخص لا يتحرك معه؟ في تلك الحالة ستعتمد إحدى وسائل قياس طول القضيب المتحرك على تحديد موقع كل من طرفي القضيب بدقة عند لحظة معينة باستخدام ساعتين ثابتتين موحدتي الزمن، ثم استخدام مسطرة ثابتة لقياس المسافة بين هاتين النقطتين، وأوضح أينشتاين أن هذه الوسائل سوف تعطي نتائج متباينة.

لماذا؟ لأن الساعتين الثابتتين وحد زمنيهما راصد ثابت، ولكن ماذا لو حاول راصد يتحرك بنفس سرعة القضيب توحيد زمني هاتين الساعتين؟ سوف يحدث اختلاف في زمنيهما لأن الراصد سيكون لديه إدراك مختلف للتزامن. وكما قال أينشتاين: «سيجد الراصدون المتحركون مع القضيب المتحرك أن الساعتين غير متزامنتين، بينما سيعلن الراصدون في النظام الثابت أن الساعتين متزامنتان.»

نتيجة أخرى من نتائج النسبية الخاصة هي أن شخصًا يقف على رصيف المحطة سوف يلاحظ أن الزمن يمضي أبطأ في قطار يمر عبر المحطة مسرعًا. تخيل أن بالقطار «ساعة» تتكون من مرآة مثبتة على أرضية القطار وأخرى مثبتة على السقف، وشعاع من الضوء يتحرك بينهما لأعلى ولأسفل. يبدو الضوء من منظور امرأة تجلس بالقطار متحركًا في خط مستقيم لأعلى ثم في خط مستقيم لأسفل، لكن من منظور رجل يقف على رصيف المحطة سيبدو أن الضوء يبدأ من أسفل لكنه يتحرك في خط مائل للوصول إلى مرآة السقف التي تكون قد تحركت للأمام مسافة ضئيلة، ثم يرتد لأسفل في خط مائل إلى المرآة الموجودة على الأرضية التي تكون بدورها قد تحركت للأمام مسافة ضئيلة، وسرعة الضوء ثابتة بالنسبة إلى كلا الراصدين (وهذه هي فرضية أينشتاين العظيمة). يرى الرجل الواقف على رصيف المحطة المسافة التي يقطعها الضوء أطول مما تراها المرأة التي تستقل القطار، وهكذا فإن الرجل الواقف على رصيف المحطة يشعر أن الزمن يمضي أبطأ داخل القطار المندفع.[58]

نستطيع تصور هذا أيضًا باستخدام سفينة جاليلو، تخيل أن شعاعًا من الضوء أطلق من أعلى صاري السفينة إلى سطحها. سيرى الراصد على متن السفينة أن شعاع الضوء يقطع مسافة تساوي تمامًا ارتفاع الصاري، غير أن الراصد على البر سيرى أن شعاع الضوء يقطع مسافة تساوي طول الصاري بالإضافة إلى المسافة (السفينة سريعة للغاية) التي تحركتها السفينة للأمام خلال الزمن الذي استغرقه الضوء للوصول من قمة الصاري إلى أسفله، وسرعة الضوء لكلا الراصدين ثابتة لا تتغير، لكن شعاع الضوء من منظور الراصد على البر قطع مسافة أكبر قبل أن يصل إلى سطح السفينة، أي أن الحدث نفسه (انطلاق شعاع ضوئي من أعلى الصاري ليصطدم بسطح السفينة) استغرق وقتًا أطول من منظور شخص على الأرض عنه من منظور شخص على متن السفينة.[59]

هذه الظاهرة التي تسمى تمدد الزمن تؤدي إلى ما يعرف باسم مفارقة التوأم؛ إذا مكث رجل فوق الرصيف بينما أقلعت شقيقته التوأم في سفينة فضاء تقطع مسافات طويلة بسرعة تقترب من سرعة الضوء، فعندما تعود إلى الأرض سوف تكون أصغر عمرًا من أخيها، ولكن لما كانت الحركة نسبية، فيبدو أن هذا يمثل مفارقة، فالأخت المسافرة في سفينة الفضاء قد تعتقد أن أخاها على الأرض هو الذي يسافر بسرعة كبيرة، وعندما يلتقيان ثانية فسوف تتوقع أن أخاها لم يتقدم به العمر كثيرًا.

هل يمكن أن يعود كلاهما أصغر من الآخر؟ بالطبع لا، فالظاهرة لا تعمل في الاتجاهين، ولما كانت السفينة الفضائية لا تتحرك بسرعة ثابتة لأنها تضطر إلى الانعطاف، فإن التوأم الموجودة على متن سفينة الفضاء هي التي ستتقدم في العمر ببطء، وليس أخاها المقيم على الأرض.

وقد ثبتت ظاهرة تمدد الزمن بالتجربة، حتى باستخدام ساعات اختبار على متن الطائرات التجارية، لكنها لا تؤثر في حياتنا العادية تأثيرًا حقيقيًّا لأن حركتنا بالنسبة لأي راصد آخر لا تدنو أبدًا من سرعة الضوء الهائلة، والواقع أنك لو أمضيت عمرك كله تقريبًا على متن طائرة، لصار عمرك عند عودتك أقل ٠,٠٠٠٠٥ ثانية أو نحو ذلك من توأمك الموجود على سطح الأرض، وهو أثر قد يخفيه قضاء عمر في تناول الطعام الذي يقدم في الطائرات.[60]

والنسبية الخاصة لها الكثير من المظاهر الغريبة الأخرى، فكر مرة أخرى في الساعة الضوئية الموجودة في القطار؛ ماذا يحدث عندما تقترب سرعة القطار من

سرعة الضوء بالنسبة إلى راصد يقف على الرصيف؟ سوف يستغرق شعاع الضوء في القطار دهرًا ليرتد من أرضية القطار إلى السقف المتحرك ويعود مرة أخرى إلى الأرضية المتحركة، ولذلك فإن الزمن في القطار سوف يتوقف تقريبًا من منظور راصد واقف على الرصيف.

عندما تقترب سرعة جسم متحرك من سرعة الضوء، فإن كتلته تزداد أيضًا، ويظل قانون نيوتن الذي ينص على أن القوة تساوي الكتلة مضروبة في العجلة ساريًا، لكن مع تزايد الكتلة، تُحدث القوة عجلة أقل فأقل، وليست هناك قوة تكفي لدفع أي جسم ولو كان حصاة صغيرة بسرعة تزيد عن سرعة الضوء، فهذه هي السرعة القصوى في الكون، وليس هناك جسيم أو معلومة تستطيع أن تتجاوز سرعة الضوء، وفقًا لنظرية أينشتاين.

على الرغم من كل هذا الحديث عن نسبية المسافة والزمن اعتمادًا على حركة الراصد، فقد يستهوي المرء أن يسأل: إذن أي الراصدين على صواب؟ من الذي تُظهر ساعة معصمه الزمن «الحقيقي» المنقضي؟ أي طولي القضيب «حقيقي»؟ أيهما يوصف مفهومه للتزامن بأنه «صحيح»؟

وفقًا لنظرية النسبية الخاصة، تعتبر جميع أنظمة التوجيه الذاتي صحيحة، إنها ليست مسألة ما إذا كانت القضبان تنكمش بالفعل، أو إذا كان الزمن يتباطأ في الحقيقة؛ فكل ما نعرفه هو أن الراصدين في حالات مختلفة من الحركة سوف يقيسون الأشياء بطرق مختلفة، والآن وقد استغنينا عن الأثير باعتباره «غير ضروري»، فلا يوجد إطار إسناد «في حالة السكون» مفضل عن الآخر.

يظهر أحد أوضح تفسيرات أينشتاين لما حققه في خطاب إلى زميله سولوفين بأكاديمية أوليمبيا:

> يمكن تلخيص نظرية النسبية في بضع كلمات؛ على النقيض من الحقيقة المعروفة منذ العصور الغابرة أن الحركة لا يمكن الإحساس بها إلا كحركة نسبية، فإن الفيزياء قائمة على فكرة الحركة المطلقة، وقد افترضت دراسة الموجات الضوئية أن إحدى حالات الحركة، وهي حركة الأثير الناقل للضوء، تختلف عن باقي الحركات الأخرى، وافترضت أن جميع حركات الأجسام نسبية بالنسبة إلى الأثير الناقل للضوء، الذي كان يجسد السكون المطلق. ولكن بعد فشل الجهود لاكتشاف حالة الحركة المميزة لهذا الأثير الافتراضي

من خلال التجارب، أصبح من الضروري إعادة صياغة المشكلة، وهذا ما فعلته نظرية النسبية، فقد افترضت عدم وجود حالات فيزيائية مميزة للحركة، وسألت ما النتائج التي يمكن الخروج بها من ذلك.

كانت فكرة أينشتاين كما شرحها لسولوفين هي أنه لا بد من نبذ المفاهيم التي لا علاقة لها بالواقع العملي، مثل «التزامن المطلق» و«السرعة المطلقة».[61]

غير أنه من المهم أن نوضح أن نظرية النسبية لا تعني أن «كل الأشياء نسبية»؛ إنها لا تعني أننا نرى كل الأشياء من منظور ذاتي.

لكنها تعني أن قياسات الزمن — بما في ذلك قياس طول الزمن وقياس التزامن — يمكن أن تكون نسبية تبعًا لحركة الراصد، وكذلك الحال بالنسبة لقياسات المكان مثل قياس المسافة والطول، لكن هناك اتحادًا بين الاثنين نطلق عليه اسم الزمكان، وهو يظل ثابتًا في جميع أنظمة الإحداثيات الذاتية، وهناك بالمثل أشياء تظل ثابتة مثل سرعة الضوء.

الواقع أن أينشتاين فكر لفترة قصيرة في تسمية إبداعه بنظرية الثبات Invariance Theory، لكن الاسم لم يكتب له البقاء قط، فقد استخدم ماكس بلانك مصطلح النسبية Relativtheori عام ١٩٠٦، وفي حوار جمع بين أينشتاين وصديقه بول إيرنفيست عام ١٩٠٧ أطلق عليها أينشتاين نظرية النسبية Relativitätstheorie.

إحدى الطرق لكي ندرك أن أينشتاين كان يتحدث عن الثبات، وأنه لم يكن يعلن أن كل الأشياء نسبية، هي أن نفكر في المدى الذي يقطعه شعاع الضوء في فترة زمنية معينة، وهذه المسافة تساوي سرعة الضوء مضروبة في الزمن الذي استغرقته حركة شعاع الضوء. ولو كنا فوق رصيف نرصد حركة شعاع الضوء في قطار يندفع مسرعًا، فسوف يبدو الزمن المنقضي أقصر (يبدو مرور الزمن أبطأ على متن القطار المتحرك)، وستبدو المسافة أقصر (يبدو أن المساطر تنكمش على متن القطار المتحرك)، لكن هناك علاقة بين الكميتين — علاقة بين قياسات المكان والزمان — تظل ثابتة مهما اختلفت حالتك.[62]

والطريقة الأكثر تعقيدًا لندرك هذا هي الطريقة التي استخدمها هيرمان مينكوفسكي، مدرس الرياضيات السابق لأينشتاين بمعهد زيورخ الفني، فعندما تأمل أعمال أينشتاين، ظهر عليه تعبير الذهول الذي يرغب كل طالب متفرد في أن ينتزعه يومًا ما من أساتذته المتواضعين، وقال مينكوفسكي للفيزيائي ماكس بورن:

«كانت المفاجأة مذهلة، لأن أينشتاين كان أثناء دراسته طالبًا كسولًا، ولم يكن يهتم بالرياضيات على الإطلاق.»[63]

قرر مينكوفسكي أن يقدم بنية رياضية للنظرية، وكان أسلوبه مماثلًا للأسلوب الذي اقترحه المسافر عبر الزمن في الصفحة الأولى من رائعة إتش. جي. ويلز «آلة الزمن» التي نشرت عام ١٨٩٥، وجاء فيها: «هناك في الواقع أربعة أبعاد، ثلاثة منها نطلق عليها مستويات المكان الثلاثة، والبعد الرابع هو الزمن.» وقد حول مينكوفسكي جميع الأحداث إلى إحداثيات رياضية في أربعة أبعاد، جاعلًا الزمن بعدًا رابعًا، وسمح هذا بحدوث تحولات، لكن العلاقات الرياضية بين الأحداث ظلت ثابتة.

أعلن مينكوفسكي أسلوبه الرياضي الجديد بطريقة مسرحية في محاضرة عام ١٩٠٨ جاء فيها: «إن الأفكار التي أرغب في عرضها عليكم عن المكان والزمن نبتت من تربة الفيزياء التجريبية، وهذا مكمن قوتها. إنها أفكار راديكالية، ومن الآن فصاعدًا سيتلاشى مفهوم المكان وحده ومفهوم الزمن وحده؛ سينتهيان إلى غير رجعة، ولن يتبقى إلا نوع من الاتحاد بين الاثنين.»[64]

كان أينشتاين لا يزال غير مولع بالرياضيات، وقد وصف عمل مينكوفسكي ذات مرة بأنه «علم زائد عن الحاجة»، وقال مازحًا: «منذ أن وقعت نظرية النسبية بين أيدي علماء الرياضيات، لم أعد أنا نفسي أستطيع فهمها»، لكن الواقع أنه أعجب بعمل مينكوفسكي، وكتب فصلًا عنه في كتابه الشهير عام ١٩١٦ عن النسبية.

إنه تعاون كان يمكن أن يكون رائعًا! ولكن في نهاية عام ١٩٠٨، دخل مينكوفسكي المستشفى مصابًا بالتهاب قاتل في الغشاء البريتوني، ويشاع أنه قال: «إنها لمأساة أن أموت في عصر ظهور النسبية.»[65]

ومن جديد يجدر بنا أن نتساءل لماذا اكتشف أينشتاين نظرية جديدة في حين عجز معاصروه عن ذلك، فقد توصل لورنتز وبوانكاريه بالفعل إلى كثير من عناصر نظرية أينشتاين، حتى إن بوانكاريه شكك في الطبيعة المطلقة للزمن.

لكن لورنتز وبوانكاريه لم يحدثا الطفرة الكاملة؛ وهي إثبات أنه لا حاجة لافتراض وجود الأثير، ولا وجود لسكون مطلق، وأن الزمن نسبي تبعًا لحركة الراصد، وكذلك الأمر بالنسبة للمكان، ويقول الفيزيائي كيب ثورن Kip Thorne إنهما «كانا يسعيان إلى تغيير مفهومنا للمكان والزمان مثلما فعل أينشتاين، لكنهما كانا يتحركان خلال ضباب المفاهيم الخاطئة التي دست عليهم من فيزياء نيوتن.»

لكن أينشتاين — على النقيض — استطاع أن ينبذ مفاهيم نيوتن الخاطئة، «فإيمانه بأن الكون يعشق البساطة والجمال، واستعداده لأن يهتدي بهذا الإيمان حتى لو كان ذلك يعني هدم أسس فيزياء نيوتن، قاداه إلى ما لم يصل إليه الآخرون، وهو التعريف الجديد للمكان والزمان.»[66]

ولم يتوصل بوانكاريه قط إلى العلاقة بين نسبية التزامن ونسبية الزمن، «وقد تراجع عندما كان على شفا» فهم النتائج الكاملة لأفكاره حول الزمن المحلي. لماذا أصابه التردد؟ على الرغم من أفكاره المثيرة، فقد كان يطغى عليه ميله إلى التمسك بالتقاليد في الفيزياء ويمنع ظهور نزعة التمرد المتأصلة في فاحص براءات الاختراع المجهول.[67] وقد قال بانيش هوفمان عن بوانكاريه: «عندما وصل إلى الخطوة الحاسمة تخلت عنه شجاعته، وتمسك بالعادات الفكرية القديمة والأفكار المعهودة عن المكان والزمن، ولو كان هذا يبدو مذهلًا، فذلك لأننا لم نقدر جرأة أينشتاين عندما اعتبر النسبية واحدة من المسلمات، واستطاع بإيمانه بها أن يغير مفهومنا للمكان والزمن.»[68]

جاء التفسير الواضح لقصور بوانكاريه وجرأة أينشتاين على لسان أحد أساتذة الفيزياء النظرية الذين خلفوا أينشتاين بمعهد الدراسات المتقدمة في برينستون، وهو فريمان دايسون Freeman Dyson، إذ قال:

> الاختلاف الأساسي بين بوانكاريه وأينشتاين هو أن بوانكاريه كان بطبيعته محافظًا وأن أينشتاين بطبيعته ثوري، فعندما بحث بوانكاريه عن نظرية جديدة للكهرومغناطيسية حاول الاحتفاظ بالقديم قدر استطاعته، فقد أحب الأثير، وظل يؤمن به حتى عندما أثبتت نظريته ذاتها تعذر رصده، وكانت نظرية النسبية التي أتى بها ضربًا من الترقيع، فقد وضعت الفكرة الجديدة للزمن المحلي المعتمد على حركة الراصد في إطار المفهوم القديم للمكان والزمن المطلقين الذي يقوم على أثير جامد لا يتحرك. غير أن أينشتاين كان يرى أن النظام القديم معقد وغير ضروري، وكان مسرورًا بالتخلص منه، وجاءت نظريته أبسط وأكثر تماسكًا، فلم يكن بها مكان وزمن مطلقان، ولم يكن بها أثير، واستطعنا عن طريقها أن نلقي بكل التفسيرات المعقدة للقوى الكهربية والمغناطيسية كقوى مرنة في الأثير في سلة قمامة التاريخ، إلى جانب الأساتذة الكبار المشاهير الذين لا يزالون يؤمنون بها.[69]

من ثم صاغ بوانكاريه مبدأ نسبية يشبه مبدأ النسبية لأينشتاين في بعض الجوانب، لكنه تضمن اختلافًا جوهريًّا، فقد احتفظ بوانكاريه بوجود الأثير، وكانت سرعة الضوء في رأيه ثابتة فقط عندما يقيسها راصدون في حالة سكون بالنسبة إلى الأثير المفترض.[70]

ما يثير مزيدًا من الدهشة ويكشف مزيدًا عن طبيعة أينشتاين هو أن لورنتز وبوانكاريه لم يتوصلا قط إلى ما توصل إليه أينشتاين حتى بعد أن اطلعا على بحثه، فقد ظل لورنتز متمسكًا بوجود الأثير وبكونه مرجعًا للقياس «في حالة سكون»، وفي محاضرة ألقاها عام ١٩١٣ — وأعاد طباعتها عام ١٩٢٠ في كتابه The Relativity Principle — قال لورنتز: «يقول أينشتاين إن الحديث عن الحركة بالنسبة للأثير لا معنى له، وهو ينكر بالمثل وجود التزامن المطلق. أما عن رأيي فأنا أميل بعض الشيء إلى التفسيرات القديمة التي تضفي على الأثير بعض الواقعية، وتقول إن المكان والزمن يمكن الفصل بينهما فصلًا تامًّا، وتتناول التزامن دون مزيد من التفصيل.»[71]

ويبدو أن بوانكاريه بدوره لم يفهم إنجاز أينشتاين فهمًا كاملًا، وحتى في عام ١٩٠٩ كان لا يزال يصر على أن نظرية النسبية تنقصها فرضية ثالثة، وهي أن «الجسم في حالة الحركة يعاني تشوهًا في الاتجاه الذي يزاح إليه.» والواقع أن انكماش القضبان — كما أوضح أينشتاين — ليس فرضية مستقلة تتضمن تشوهًا حقيقيًّا، بل هو بالأحرى نتيجة قبول نظرية أينشتاين للنسبية.

وحتى وفاته عام ١٩١٢، لم يتخل بوانكاريه تمامًا عن فكرة الأثير أو مفهوم السكون المطلق، وتحدث بدلًا من ذلك عن تبني «مبدأ النسبية وفقًا للورنتز»، فهو لم يستوعب قط ولم يقبل أساس نظرية أينشتاين، ويقول المؤرخ العلمي أرثر ميلر: «ظل بوانكاريه ثابتًا على موقفه من أن هناك تزامنًا مطلقًا في عالم المفاهيم.»[72]

شريكته

كتب أينشتاين إلى حبيبته ميليفا ماريتش عام ١٩٠١: «كم سأكون سعيدًا وفخورًا عندما ننتهي من عملنا عن الحركة النسبية!»[73] والآن وصلنا إلى تلك النهاية، وكان أينشتاين مجهدًا عندما أنهى مسودة للبحث في يونيو/حزيران لدرجة أن «جسمه كان منحنيًا، ولازم الفراش لمدة أسبوعين، في حين راجعت ماريتش المقالة مرة بعد مرة.»[74]

بعد ذلك قاما بشيء غير عادي؛ احتفلا معًا، فبمجرد انتهائه من الأبحاث الأربعة التي وعد بها في خطابه الذي لا ينسى لكونراد هابيكت، أرسل لزميله القديم من أكاديمية أوليمبيا رسالة أخرى، وكانت تلك المرة بطاقة بريدية موقعة منه هو وزوجته، وكان نصها: «كلانا للأسف شرب كثيرًا حتى الثمالة.»[75]

يثير كل هذا سؤالًا أكثر غموضًا وإثارة للجدل من السؤال الذي تثيره تأثيرات لورنتز وبوانكاريه: ماذا كان دور ميليفا ماريتش؟

في شهر أغسطس/آب من ذلك العام سافرا معًا في إجازة إلى صربيا لزيارة صديقاتها وأسرتها، وأثناء وجودهما هناك كانت ميليفا فخورة وراغبة أيضًا في قبول جزء من الفضل، وقالت لأبيها: «لقد انتهينا قريبًا من عمل في غاية الأهمية سوف يجعل زوجي رجلًا مشهورًا على مستوى العالم»، وذلك وفقًا للروايات التي سجلت هناك فيما بعد. كان يبدو في ذلك الوقت أن علاقتهما عادت إلى ما كانت عليه، وامتدح أينشتاين بسعادة مساعدة زوجته، وقال لأصدقائها في صربيا: «أنا بحاجة إلى زوجتي، فهي تساعدني في حل جميع المسائل الرياضية.»[76]

زعم البعض أن ماريتش كانت شريكًا كاملًا، وكان هناك أيضًا تقرير طُعن في صحته فيما بعد[77] بأن واحدة من المسودات الأولى لبحثه في النسبية كانت تحمل اسمها أيضًا. وفي مؤتمر عام ١٩٩٠ في نيو أورليانز، عقدت الجمعية الأمريكية لتطوير العلوم اجتماعًا حول الموضوع تحاور فيه إيفان ووكر Evan Walker، وهو فيزيائي وباحث في السرطان من ميريلاند، مع جون ستاشل John Stachel مدير مشروع أبحاث أينشتاين، وعرض ووكر الخطابات العديدة التي تشير إلى «عملنا»، ورد ستاشل بأن هذه العبارات مجاملة رومانسية واضحة، وأنه «ليست هناك أدلة على الإطلاق تثبت أنها شاركت بأية أفكار من عندها.»

لأسباب واضحة أثار هذا الجدل اهتمام العلماء والصحافة، وكتبت الصحفية إلين جودمان Ellen Goodman تعليقًا ساخرًا في صحيفة بوسطن جلوب عرضت فيه الدليل بحكمة وحصافة، ونشرت صحيفة إيكونوميست مقالًا بعنوان «الأهمية النسبية للسيدة أينشتاين»، وتبع ذلك مؤتمر آخر عام ١٩٩٤ بجامعة نوفي ساد أكد فيه الأستاذ راستكو ماجليتش Rastko Maglić منظم المؤتمر أن الوقت قد حان «لإبراز دور ماريتش لكي نضمن لها مكانها المستحق في تاريخ العلم.» وانتهت المناقشة العامة ببرنامج وثائقي عرضته شبكة PBS عام ٢٠٠٣ تحت عنوان «زوجة

أينشتاين»، وجاء محايدًا بصورة عامة مع أنه أعطى مصداقية لا مبرر لها للشائعة التي تزعم أن اسمها كان موجودًا على المخطوطة الأصلية.[78]

وتشير جميع الأدلة إلى أن ماريتش كانت بالنسبة لأينشتاين مرآة لأفكاره، لكنها لم تكن تتمتع في هذا الدور بأهمية بيسو، وقد ساعدته أيضًا في مراجعة الرياضيات، لكن ليست هناك أية أدلة تشير إلى أنها توصلت إلى أي من المفاهيم الرياضية، وفضلًا عن ذلك فقد شجعته وتحملته (وهو ما كان في بعض الأحيان أشد صعوبة).

من أجل التاريخ المثير ومغزاه العاطفي، سوف يكون من الممتع أن نواصل لأبعد من هذا، لكن علينا بدلًا من ذلك أن نتتبع المسار الأقل إثارة لكونه محصورًا بالأدلة، فلا يوجد أي خطاب من خطاباتهما العديدة أحدهما إلى الآخر أو إلى الأصدقاء يذكر مثالًا واحدًا لفكرة أو مفهوم مبتكر يتعلق بالنسبية جاءت به ماريتش.

ولم تزعم هي قط — حتى لعائلتها وأصدقائها، حينما كان يخوضان آلام طلاقهما المرير — أنها قامت بأية إسهامات كبيرة في نظريات أينشتاين. وابنها هانز ألبرت، الذي ظل بارًّا بها وأقام معها أثناء الطلاق، أدلى بروايته التي ظهرت في كتاب ألفه بيتر ميشيلمور Peter Michelmore، ويبدو أنها تعكس ما حكته ماريتش لابنها، وجاء فيها: «ساعدته ميليفا في حل بعض المسائل الرياضية، لكن أحدًا لم يكن يستطع أن يساعده في العمل الإبداعي، وتسلسل الأفكار.»[79]

ليس هناك داع في الحقيقة للمغالاة في إسهامات ماريتش من أجل الإعجاب بها وتكريمها والتعاطف معها كواحدة من الرواد، ويقول المؤرخ العلمي جيرالد هولتون Gerald Holton إننا عندما ننسب إليها فضلًا لم تدعه لنفسها «ننقص من مكانتها الهامة والحقيقية في التاريخ، ومن إخفاقها المأساوي في تحقيق آمالها وطموحاتها القديمة.»

أعجب أينشتاين بجرأة وشجاعة الفيزيائية قوية الشكيمة التي نشأت في بلاد لم يكن يسمح فيها للنساء بالدخول في هذا المجال، والآن ونحن لا نزال نعاني من القضايا نفسها بعد مرور قرن من الزمان، فإن الشجاعة التي أظهرتها ماريتش باقتحامها عالم الفيزياء والرياضيات الذي يهيمن عليه الذكور ومزاحمتها لهم هي ما ينبغي أن يمنحها مكانة رائعة في سجلات تاريخ العلم، وهذا هو ما تستحقه دون أن نغالي في قيمة إسهامها في النظرية الخاصة للنسبية.[80]

ط = ك س٢ المقطع الختامي، سبتمبر/أيلول ١٩٠٥

أزاح أينشتاين الستار عن سنته المعجزة في خطابه إلى رفيق أكاديمية أوليمبيا كونراد هابيكت، واحتفل بذروتها في البطاقة البريدية ذات السطر الواحد التي كتبها إليه وهو ثمل، وفي سبتمبر/أيلول كتب خطابًا آخر إلى هابيكت، وحاول فيه أن يغريه بالمجيء للعمل في مكتب براءات الاختراع، وكانت سمعة أينشتاين كذئب وحيد مصطنعة بعض الشيء، وقال له: «ربما نستطيع تهريبك بين العبيد العاملين في المكتب، وسوف تجده على الأرجح عملًا سارًّا نسبيًّا. هل لديك حقًّا الاستعداد والرغبة في المجيء؟ تذكَّر أنه بالإضافة إلى ساعات العمل الثمانية كل يوم، لديك أيضًا ثماني ساعات تضيعها في العبث، وهناك أيضًا يوم الأحد. سوف أسعد بوجودك هنا.»

وكما حدث في خطابه السابق قبل ستة أشهر، مضى أينشتاين يكشف بالمصادفة تمامًا عن طفرة علمية بالغة الأهمية، تلك الطفرة التي سيعبر عنها بأشهر المعادلات في جميع العلوم:

> نتيجة واحدة أخرى لبحث الكهروديناميكا قد خطرت أيضًا على بالي، وهي أن مبدأ النسبية، بالإضافة إلى معادلات ماكسويل، يتطلب أن تكون الكتلة قياسًا مباشرًا للطاقة التي يحتويها جسم، ويحمل الضوء كتلة معه، وفي حالة الراديوم لا بد أن يكون هناك نقص ملحوظ في الكتلة. الفكرة ممتعة ومغوية؛ لكنني لا أدري فربما كان الله يضحك من الأمر كله، وربما كان يضللني.[81]

ابتكر أينشتاين الفكرة ببساطة جميلة، فالبحث الذي تلقته منه مجلة Annalen der Physik في ٢٧ سبتمبر/أيلول ١٩٠٥ بعنوان «هل يعتمد القصور الذاتي لجسم ما على محتواه من الطاقة؟» تضمن ثلاث خطوات فقط ولم يزد عن ثلاث صفحات، وقد أشار فيه إلى بحثه في النسبية الخاصة فقال: «إن البحث الذي نشرته حديثًا في هذه المجلة يقود إلى نتيجة في غاية الطرافة، وسوف أستنتجها هنا.»[82]

مرة أخرى كان يستنتج نظرية من مبادئ وفرضيات، ولم يحاول تفسير البيانات التجريبية التي بدأ يجمعها الفيزيائيون التجريبيون الذين يدرسون أشعة الكاثود عن علاقة الكتلة بسرعة الجسيمات. وبالجمع بين نظرية ماكسويل ونظرية النسبية، بدأ بتجربة فكرية (وهو ما لم يكن مثيرًا للدهشة)، فقد حسب خواص نبضتي ضوء

منبعثتين في اتجاهين متقابلين بواسطة جسم في حالة سكون، وبعد ذلك حسب خواص هذه النبضات الضوئية عندما رصدها من إطار إسناد متحرك، ومن هذا توصل إلى معادلات تتعلق بالعلاقة بين السرعة والكتلة.

وكانت النتيجة استنتاجًا رائعًا: الكتلة والطاقة مظهران مختلفان لشيء واحد، وهناك تبادلية أساسية بين الاثنين، وكما قال في بحثه، «إن كتلة جسم ما هي مقياس لمحتواه من الطاقة.»

كانت الصيغة التي استخدمها لوصف هذه العلاقة في غاية البساطة أيضًا، إذ قال: «بعث جسم طاقة مقدارها L في صورة إشعاع، فإن كتلته تنقص بمقدار L/V^2»، ونستطيع التعبير عن نفس المعادلة بصورة أخرى: $L = mV^2$. استخدم أينشتاين الحرف L ليرمز إلى الطاقة حتى عام ١٩١٢ عندما حذفه من مخطوطة، واستبدله بالرمز الأكثر شيوعًا E، كما أنه استخدم V ليرمز إلى سرعة الضوء قبل أن يغيرها إلى الرمز الأكثر شيوعًا c. وعلى ذلك، باستخدام الحروف التي سرعان ما أصبحت قياسية، توصل أينشتاين إلى معادلته الشهيرة:

$$E = mc^2$$

الطاقة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء، وسرعة الضوء بطبيعة الحال مقدار ضخم جدًّا، وتربيعه يجعله مقدارًا بالغ الضخامة، وهذا هو السبب في أن قدرًا ضئيلًا من المادة، لو تحول بالكامل إلى طاقة، فسوف تكون له قوة جبارة، إذ يتحول الكيلو جرام من الكتلة إلى ٢٥ مليار كيلووات ساعة من الكهرباء تقريبًا، والطاقة الموجودة في كتلة حبة واحدة من الزبيب تكفي لإمداد مدينة نيويورك باحتياجاتها من الطاقة لمدة يوم.[83]

كالمعتاد أنهى أينشتاين البحث باقتراح طرق تجريبية لتأكيد النظرية التي توصل إليها، وكتب: «ربما يكون من الممكن اختبار هذه النظرية باستخدام أجسام يتفاوت محتواها من الطاقة بدرجة كبيرة مثل أملاح الراديوم.»